

# Einführung in die Informatik

## Control Structures and Iterators

---

if, while, for und Iteratoren

Wolfram Burgard

# 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 (x == 2)
    result = 4;
else
    result = 5 * x;
```

- **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 geschweifte 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 ist größer als 2 und kleiner als 5");
    else
        System.out.println("X ist größer gleich 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 gleich 0 und kleiner gleich 2");
```

# 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 ist größer als 2 und kleiner als 5");  
    else  
        System.out.println("X ist größer als 5");  
}
```

- Hierbei sollte die **Einrückung der Statements** 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 (logische) Ausdrücke leichter lesbar!**

# Wiederholungsanweisungen (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

---

- Die allgemeine Form einer **while-Schleife** 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**.

**Nach Beendigung einer `while`-Schleife gilt somit immer die Negation ihrer Bedingung.**

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

---

- Wir wollen ein Programm schreiben, das alle Zeilen einer Web-Seite einliest.
- Wie können wir feststellen, dass wir am **Ende der Datei** angekommen sind?
- Offensichtlich kann **am Ende einer Datei keine Zeile mehr eingelesen werden**.
- Um dies zu signalisieren liefert die **`readline`-Methode** einen speziellen Wert **`null`** zurück, der **repräsentiert**, dass eine **Referenz-Variable kein Objekt referenziert**.

# 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 
$$x_{n+1} = x_n - \frac{x_n^3 - x}{3x_n^2},$$

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

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

---

<sup>a</sup> 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:

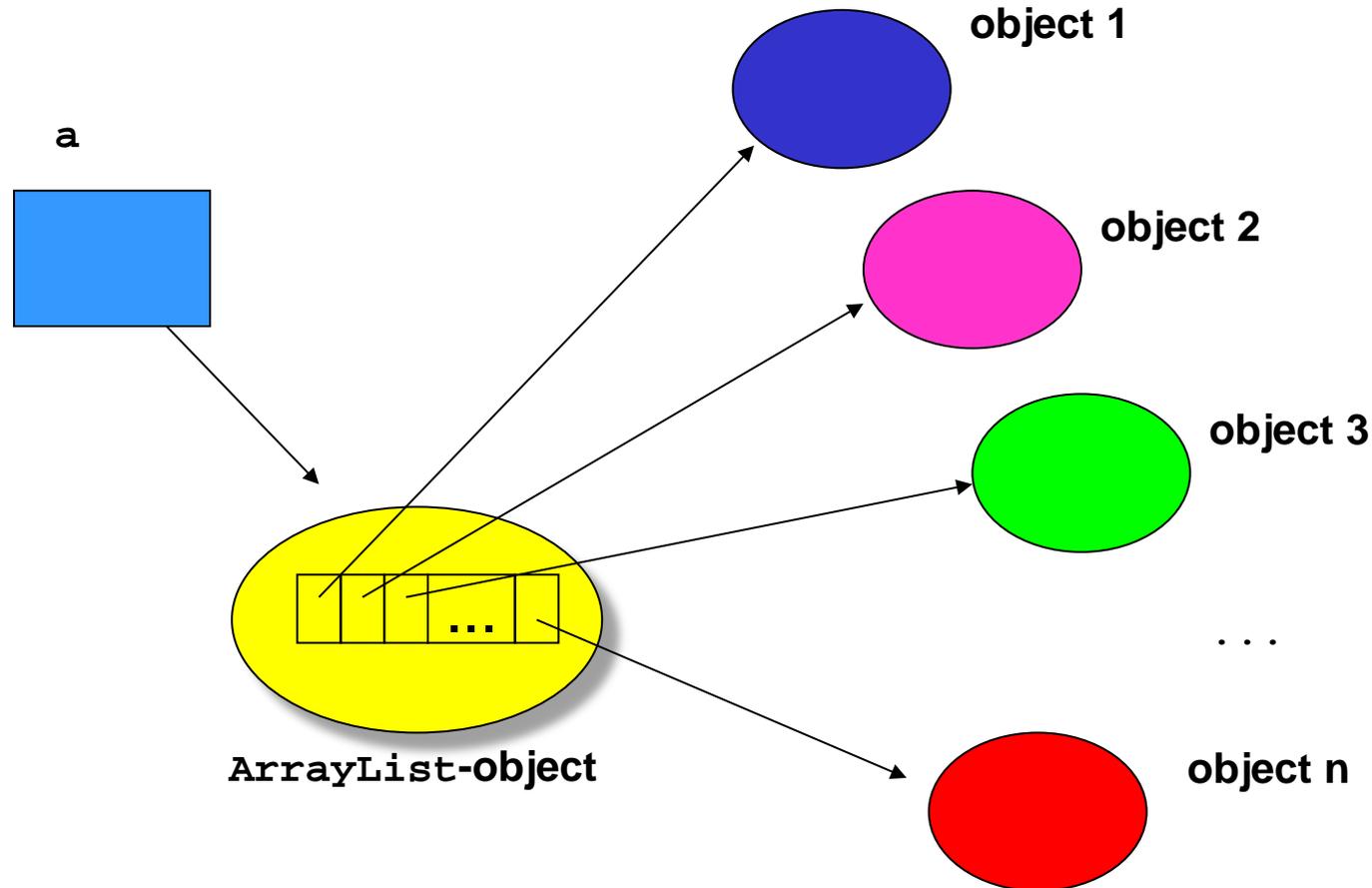
## Die Klasse `ArrayList`

---

- Mit `ArrayList` stellt Java eine Klasse zur Verfügung, die eine **Zusammenfassung von unter Umständen auch verschiedenen Objekten in einer Sequenz** erlaubt.
- **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 von (eventuell unterschiedlichen) Objekten mit der Klasse ArrayList

---



# Erzeugen eines ArrayList-Objektes

---

- Wie auch andere Klassen werden `ArrayList`-Objekte mit dem Konstruktor der `ArrayList`-Klasse erzeugt.
- Der Konstruktor von `ArrayList` hat keine Argumente, allerdings sollte **zusätzlich angegeben werden, welche Objekte die Kollektion speichern soll**. Dies wird mittels spitzer Klammern `<>` realisiert.

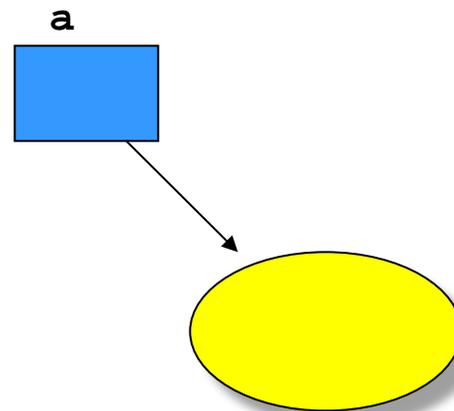
- Beispielsweise:

```
ArrayList<Integer> a1 = new ArrayList<Integer>( );  
ArrayList<String>  a2 = new ArrayList<String>( );
```

# Erzeugen eines ArrayList-Objektes

---

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



**ArrayList<String>-object**

# Hinzufügen von Objekten zu einem ArrayList-Objekt

---

Um Objekte zu einem `ArrayList`-Objekt hinzuzufügen, verwenden wir die Methode `add`.

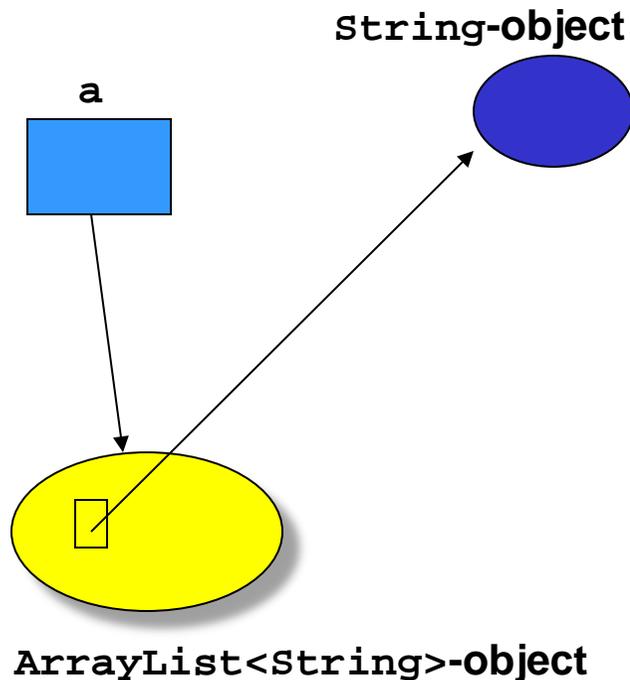
Dieser Methode geben wir als Argument das hinzuzufügende Objekt mit.

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

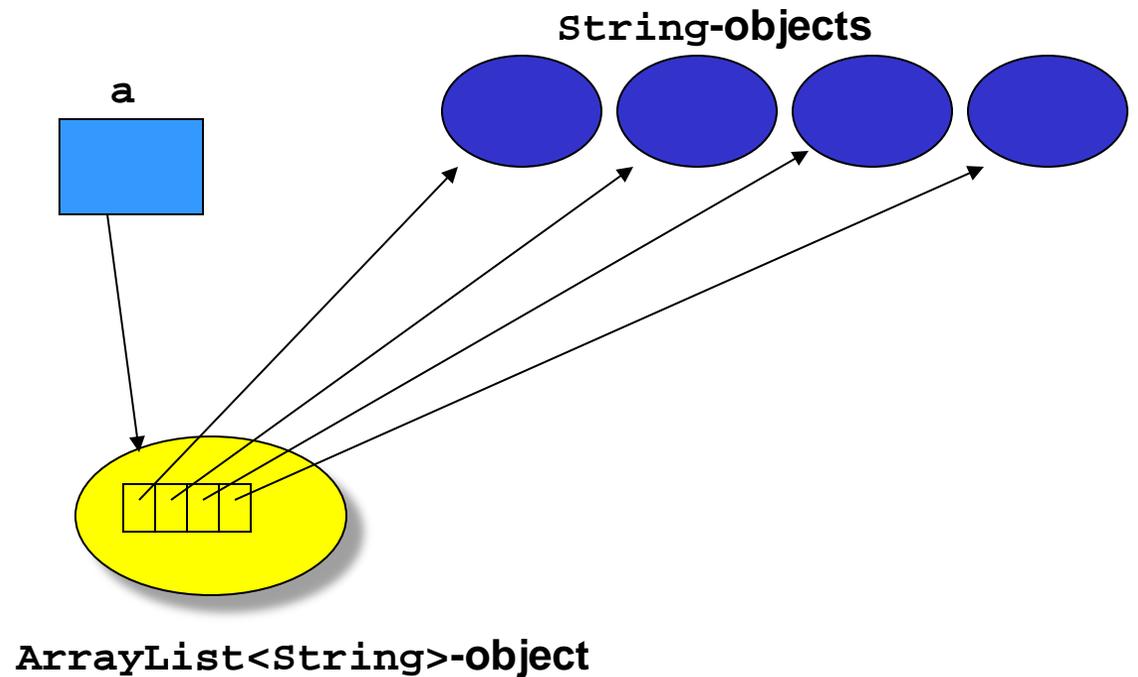
```
ArrayList<String> a = new ArrayList<String>();  
String s = br.readLine(); // Read first String object  
while (s != null) {      // Something read?  
    a.add(s);             // Processing adds s to list  
    s = br.readLine();   // Read next String object  
}
```

# Anwendung dieses Programmstücks

1 Aufruf von add



4 Aufrufe von add



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

# Durchlauf durch eine ArrayList

---

- 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**.
- Daher sollten die entsprechenden Methoden möglichst so sein, dass sie **nicht von der verwendeten Kollektionsklasse** abhängen.
- Weiter ist es wünschenswert, dass **sich jede Kollektionsklasse 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 ArrayList-Objekte** und andere Kollektionsklassen an.

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

Die Klasse **ArrayList** stellt eine Methode **iterator()** zur Verfügung. Diese liefert eine Referenz auf ein **Iterator**-Objekt. Ihr Prototyp ist:

```
Iterator<Object> iterator()    // Liefert einen Iterator für ein  
                               // ArrayList<Object>
```

Die entsprechende **Iterator** Klasse 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 `ArrayList`-Objekt gespeichert wird.
- Um eine breite Anwendbarkeit realisieren zu können, müssen Klassen wie `ArrayList` oder `Iterator` diese **Flexibilität** haben.

# Der Return-Type von `next ( )`

---

- Bei ArrayListen gibt man die zu speichernden Elemente an, z.B. `ArrayList<Integer>` oder `ArrayList<String>`
- Die gleiche Technik wird auch bei Iteratoren verwendet, d.h.: `Iterator<Integer>` oder `Iterator<String>`
- Somit weiß eine Methode wie `next ( )`, welchen Typ sie zurückgeben muss.
- **Castings** entfallen somit.

# Durchlauf durch ein ArrayList-Objekt

---

Um einen Durchlauf durch unser `ArrayList<String>`-Objekt `list` 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 = a.iterator();  
while (e.hasNext()) {  
    String s = e.next();  
    System.out.print(s);  
}
```

# Anwendung von `ArrayList` zur Modellierung von Mengen

---

- Auf der Basis solcher Kollektionsklassen wie `ArrayList` lassen sich nun andere Kollektionsklassen definieren.
- Im folgenden modellieren wir Mengen mit Hilfe der `ArrayList`-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)
- `add` (hinzufügen eines Elements)
- `copy` (Kopie einer Menge erzeugen)
- `size` (Anzahl der Elemente)
- `iterator` (Durchlauf durch eine Menge)
- `union` (Vereinigung)
- `intersection` (Durchschnitt) Alle Elemente ausgeben
- `toString` (Ausgabe der Elemente)

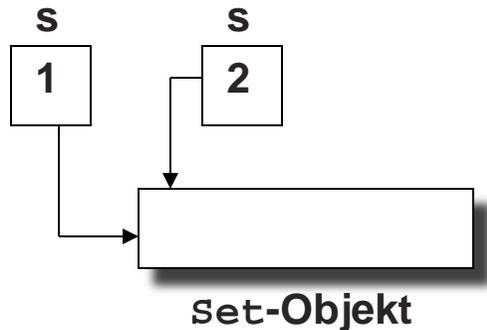
# Notwendigkeit der `copy`-Operation

---

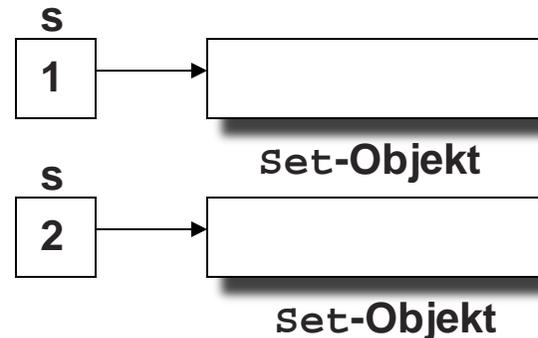
Der Effekt der Anweisung `s2 = s1 = new Set()` ist, dass es zwei Referenzen auf ein- und dasselbe `Set`-Objekt gibt:

Da Methoden wie `add` 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 add(Object o)  
public Set copy()  
public Set union(Set s)  
public Set intersection(Set s)  
public Iterator<Object> iterator()  
public String toString()
```

# Ein typisches Beispielprogramm

---

```
class UseSet {
    public static void main(String [] args) {
        Set s1 = new Set();
        s1.add("A");
        s1.add("B");
        s1.add("C");
        s1.add("A");
        System.out.println(s1);
        Set s2 = new Set();
        s2.add("B");
        s2.add("C");
        s2.add("D");
        s2.add("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 add(Object o) {... };
    public Set copy() {... };
    public Set union(Set s) {... };
    public Set intersection(Set s) {... };
    public Iterator<Object> iterator() {... };
    public String toString() {... };
    ...

    private ArrayList<Object> theElements;
}
```

# Implementierung der Methoden (1)

---

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

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

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

```
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 `ArrayList`-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.add(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 add(Object o) {  
    if (!this.contains(o))  
        this.theElements.add(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.add(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.add(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:

- 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 Empfänger-Objekt einer `print`-Methode ist.

# 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 ArrayList<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 add(Object o) {
        if (!this.contains(o))
            this.theElements.add(o);
    }
    public Set copy() {
        Set destSet = new Set();
        Iterator<Object> e = this.iterator();
        while (e.hasNext())
```

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

# Unser Beispielprogramm (erneut)

---

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

# Generische Klassen

---

- Generische Klassen erlauben dem Programmierer, Typen als Parameter bei der Klassendefinition anzugeben.
- Dadurch wird es möglich, denselben Code für verschiedene Objekttypen zu verwenden.
- Gleichzeitig wird dadurch vermieden, dass beispielsweise in Kollektionsklassen Objekttypen beliebig vermischt werden können, was zu Laufzeitfehlern führen kann (beispielsweise, wenn die Kollektion gleichzeitig String- und Integer-Objekte enthält).

# Eine generische Klasse GenericSet

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

```
    public GenericSet <E> union(GenericSet <E> s) {
        GenericSet <E> unionSet = s.copy();
        Iterator<E> it = this.iterator();
        while (it.hasNext())
            unionSet.add(it.next());
        return unionSet;
    }
    public GenericSet <E> intersection(GenericSet <E> s) {
        GenericSet <E> interSet = new GenericSet <E>
();
        Iterator<E> it = this.iterator();
        while (it.hasNext()) {
            E elem = it.next();
            if (s.contains(elem))
                interSet.add(elem);
        }
        return interSet;
    }
    void removeAllElements() {
        this.theElements.removeAllElements();
    }
    public String toString(){
        String s = "[";
        Iterator<E> it = this.iterator();
        if (it.hasNext())
            s += it.next().toString();
        while (it.hasNext())
            s += ", " + it.next().toString();
        return s + "]";
    }
    private ArrayList<E> theElements;
}
```

# Beispielprogramm für generische Sets

---

```
class UseGenericSet {
    public static void main(String [] args) {
        GenericSet <String> s1 = new GenericSet <String> ();
        s1.add("A");
        s1.add("B");
        s1.add("C");
        s1.add("A");
        System.out.println(s1);
        GenericSet <String> s2 = new GenericSet <String> ();
        s2.add("B");
        s2.add("C");
        s2.add("D");
        s2.add("D");
        System.out.println(s2);
        System.out.println(s1.union(s2));
        System.out.println(s1.intersection(s2));
    }
}
```

# Vorteile von generischen Klassen

---

- Mit Hilfe von generischen Klassen wird erreicht, dass Klassen auf einer Vielzahl von anderen Klassen operieren können, wobei aber gleichzeitig eine größere Sicherheit bereits zur Übersetzungszeit erreicht wird.
- Damit erhält man Flexibilität und kann gleichzeitig Programme sicherer machen, weil viele Überprüfungen bereits bei der Übersetzung gemacht werden können.
- Beispielsweise wird durch  

```
GenericSet <String> s1 = new GenericSet <String> ();
```

sichergestellt, dass `s1` lediglich String-Objekte referenzieren kann.
- Wertzuweisungen können so zur Übersetzungszeit geprüft werden. In früheren Versionen von Java ging das lediglich zur Laufzeit durch die Casting-Operation.

# Spezialisierung generischer Klassen

---

- Die Spezialisierung unserer generischen Klasse `GenericSet` kann beispielsweise mit Hilfe von Textueller Ersetzung durchgeführt werden.
- Ersetze an allen Stellen "`<E>`" durch "`-E`".
- Ersetze danach an allen Stellen das `E`, welches für eine beliebige Klasse steht durch die konkrete Klasse, beispielsweise `String`.
- Dadurch entsteht eine spezialisierte Klasse `GenericSet-String`, welche nicht generisch ist und keine Konstrukte generischer Klassen enthält.
- Diese könnte man prinzipiell mit einem alten Compiler übersetzen.
- Dazu muss allerdings auch der Iterator spezialisiert werden.

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

# Zusammenfassung (5)

---

- **Generische Klassen** erlauben es uns **Objekt-Klassen als Parameter** zu über geben.
- Dadurch können wir **Kollektionsklassen unabhängig von der konkreten Klasse der zu speichernden Objekte** definieren.
- Gleichzeitig erlauben sie eine **bessere Überprüfung des Programm-Codes zu Übersetzungszeit**.