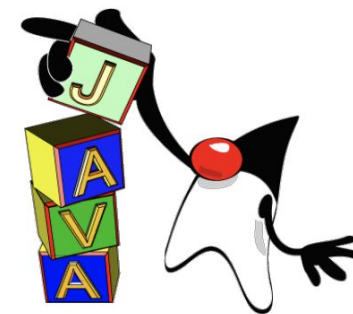
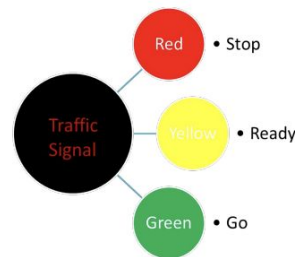




Einführung in die Programmiersprache Java III





To use Practice-it, first create an account, then choose a problem from our list. Type a solution and submit it to our server. The system will test it and tell you whether your solution is correct.


[View list of problems](#)


[About Practice-It](#)

Is there a problem? [Contact a site administrator.](#)



Inhalt

- Enums
- Dokumentation in Java
- Generics
- Interfaces
 - Standard Interfaces in Java

Konstanten

Konstante Werte sollten einmal definiert und dann mit ihrem Namen benutzt werden.

- Lesbarkeit, Vermeidung von Tippfehlern
- ggf. leichte Änderbarkeit von Werten

```
public final class Math {  
    /** * The {@code double} value that is closer than any  
    other  
    * to  $\pi$ , the ratio of the circumference of a  
    * circle to its diameter.  
    */  
  
    public static final double PI = 3.14159265358979323846;
```

Aufzählungstypen (Enums)

bestehen aus einer festen (und normalerweise kleinen) Anzahl benannter Konstanten

Bspiele:

- Spielkarten: Karo, Kreuz, Herz, Pik
- Wochentage: Montag, . . . , Sonntag
- Noten: Sehr gut, . . . , Ungenügend
- Java5+
- final-Konstanten vom Typ int

Konstanten und Aufzählungen

```
class Weekdays { //bis Java 5
    public static final int MONDAY = 0;
    public static final int TUESDAY = 1;
    public static final int WEDNESDAY = 2;
    public static final int THURSDAY = 3;
    public static final int FRIDAY = 4;
    public static final int SATURDAY = 5;
    public static final int SUNDAY = 6;
}
```

Probleme mit diesem Ansatz

- Die Werte sind alle vom Typ `int`
 - `MONDAY` kann benutzt werden, wo eigentlich eine Jahreszahl erwartet würde.
- das Hinzufügen oder das Löschen von Werten ist gefährlich.
 - Nach einem Update kann der Code für eine Option eine komplett andere Bedeutung haben
- die Iteration über alle möglichen Werte einer Art ist fragil
 - Man muss die Anzahl der Werte kennen und wissen, wie sie durchnummeriert sind.

Aufzählungstypen

- Enums erlauben eine bessere Kodierung endlicher Aufzählungen.

```
public enum Weekday {  
    MONDAY, TUESDAY, WEDNESDAY, THURSDAY, FRIDAY,  
    SATURDAY, SUNDAY  
}
```

Vorteile gegenüber Zahlkonstanten:

- einfache Kodierung
- vermeidet typische Fehler
- leicht lesbare Fallunterscheidung
- Iteration

Aufzählungstypen

- Deklaration der Form `enum A { ... }` wird vom Compiler in normale **Klasse** übersetzt
- Enum-Typen können auch Methoden haben
- Konstanten können assoziierte Werte haben
- `public enum A extends B { ... }` nicht zulässig

```
enum Color {  
    RED, BLUE, YELLOW;  
}
```



```
public final class Color {  
    private Color() {}  
    public static final Color RED = new Color();  
    public static final Color BLUE = new Color();  
    public static final Color YELLOW = new Color();  
}
```

Switch

Enums erlauben Fallunterscheidungen mit **switch**

```
boolean isWorkday(Weekday t) {  
    switch(t) {  
        case MONDAY:  
        case TUESDAY:  
        case WEDNESDAY:  
        case THURSDAY:  
        case FRIDAY: return true;  
        case SATURDAY:  
        case SUNDAY: return false;  
        default: // kann gar nicht passieren throw new IllegalArgumentException();  
    }  
}
```



Iteration

- Enums erlauben Iteration über alle Werte

```
for (Weekday d : Weekday.values()) {  
    System.out.println(d.toString());  
}
```

- gibt aus:

MONDAY/TUESDAY/WEDNESDAY/THURSDAY/FRIDAY/SATURDAY/SUNDAY

- Jede Enum-Klasse hat eine statische Methode `values()`, die eine Collection aller Werte dieses Typs zurückgibt.

Beispiel

```
public class EnumDemo {  
  
    public enum Food {  
        HAMBURGER(7), FRIES(2), HOTDOG(3), ARTICHOKE(4);  
  
        Food(int price) {  
            this.price = price;  
        }  
  
        private final int price;  
  
        public int getPrice() {  
            return price;  
        }  
    }  
  
    public static void main(String[] args) {  
        for (Food f : Food.values()) {  
            System.out.print("Food: " + f + ", ");  
  
            if (f.getPrice() >= 4) {  
                System.out.print("Expensive, ");  
            } else {  
                System.out.print("Affordable, ");  
            }  
  
            switch (f) {  
                case HAMBURGER:  
                    System.out.println("Tasty");  
                    continue;  
                case ARTICHOKE:  
                    System.out.println("Delicious");  
                    continue;  
                default:  
                    System.out.println("OK");  
            }  
        }  
    }  
}
```

Zu beachten

- Konstruktoren in Enum-Typen nicht public machen
- Enum-Typen können nicht mithilfe von extends etwas erweitern
- Werte eines Enum-Typs sind automatisch geordnet, wie üblich mit compareTo erfragen
- Parameter an Konstanten können sogar Methoden sein
- statische Methode `values()` liefert Collection der einzelnen Werte, kann z.B. mit Iterator durchlaufen werden



Dokumentation

- Dokumentation soll helfen,
 - Schnittstellen zu verstehen
 - Entwurfsideen zu erklären
 - implizite Annahmen auszudrucken
- Nicht sinnvoll:
 - `x++; // erhöhe x um eins`



Was soll man dokumentieren?

- für jede Methode eine Zusammenfassung, was es macht
- Infos über die Parameter
- wie Fehler behandelt und an den Aufrufer der Methode zurückgegeben werden
- Verträge
 - Vorbedingungen (Postcondition)
 - Nachbedingungen (Precondition)



Tags

- `@author Name`
- `@version text`

Vor Methoden

- `@param Name Beschreibung`
 - beschreibt einen Parameter einer Methode
- `@return Beschreibung`
 - beschreibt den Rückgabewert einer Methode
- `@throws Exception Beschreibung`
 - beschreibt eine Exception, die von einer Methode ausgelöst werden kann

Beispiel

```
/**
 * Allgemeine Kontenklasse
 * @author Marcus Licinius Crassus
 * @see NichtUeberziehbaresKonto
 */
public class Konto {

    /**
     * Geld auf Konto einzahlen.
     * <p>
     * Wenn vorher {@code getKontoStand() = x}
     * und {@code betrag >=0},
     * dann danach {@code getKontoStand() = x + betrag}
     * @param betrag positive Zahl, der einzuzahlende Betrag
     * @throws ArgumentNegativ wenn betrag negativ
     */
    public void einzahlen(double betrag);
}
```

erzeugte htmlDokumentation

Package **Class** Tree Deprecated Index Help

Prev Class Next Class Frames No Frames All Classes

Summary: Nested | Field | Constr | Method Detail: Field | Constr | Method

Class Konto

java.lang.Object
Konto

public class **Konto**
extends java.lang.Object

Allgemeine Kontenklasse

See Also:

NichtUeberziehbaresKonto

Constructor Summary

Constructors

Constructor and Description
Konto()

Method Summary

Methods

Modifier and Type	Method and Description
void	einzahlen(double betrag) Geld auf Konto einzahlen.

Methods inherited from class java.lang.Object

clone, equals, finalize, getClass, hashCode, notify, notifyAll, toString, wait, wait, wait

Constructor Detail

Konto

```
public Konto()
```



Kommentare

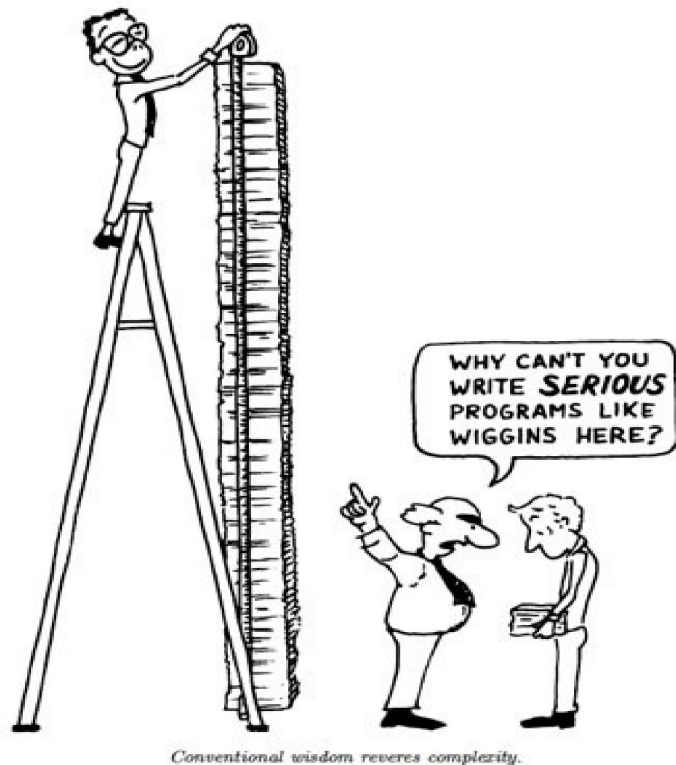
- Javadoc erlaubt spezielle Kommentare
 - die automatisch aus dem Code herausgezogen sind
- man kann die vor Packages, Klassen, Methoden, Variablen verwenden
- Ausgabe

```
javadoc Package
```

```
javadoc Klasse1.java Klasse2.java ...
```

Generics

- Seit Java 1.5 ermöglicht
- parametrisierte Typen
- Templates?



```
1 Stiva s=new Stiva();  
2  
3 s.pune("Ana");  
4 s.pune(new Persoana("Ana", 23));  
5  
6 Persoana p=(Persoana)s.scoate();  
7 Persoana p2=(Persoana)s.scoate();
```

Realisierung

- Bis Java 1.4 wurde Typ-Polymorphie durch Vererbung von der Klasse Object realisiert

```
public class OldBox {  
    private Object contents;  
  
    public Box(Object cont) {  
        contents = cont;  
    }  
    public Object getContents() {  
        return contents;  
    }  
    public void setContents (Object o) {  
        contents = o;  
    }  
}
```

```
public class Tester {  
    public static void main(String[] args){  
        OldBox b1 = new OldBox("Apple");  
        String s = (String) b1.getContents();  
        System.out.println(s);  
  
        OldBox b = new OldBox(new Integer(3));  
        int i = (Integer) b.getContents();  
        System.out.println(s);  
    }  
}
```



Syntax

- Deklaration einer generischen Klasse:

```
[zugriff_mod] class <name> [<Typ1,...>] {  
    private Typ1 var;  
    [attr]  
    [meth]  
}
```

- Beispiele für Instantiierungen von Box:

```
Box<String>
```

```
Box<Integer>
```

```
Box<Box<Integer>>
```

```
Box<int> // Grunddatentypen
```

```
//nicht erlaubt als Typparameter
```



Beispiel für Box

```
public class Box<T> {  
    private T contents;  
    public Box(T cont) { contents = cont; }  
    public T getContents() { return contents; }  
    public void setContents(T o) { contents = o; }  
}  
  
public class Tester {  
    public static void main(String[] args){  
        Box<String> b = new Box<String>("Apple");  
        String s = b.getContents(); System.out.println(s);  
        Box<Integer> b1 = new Box<Integer>(new Integer(3));  
        int i = b1.getContents(); System.out.println(i);  
    }  
}
```



Typ-Parameter

- Grunddatentypen sind nicht erlaubt als Typparameter:
 - `Box<int> bi=new Box<int>();`
 - `Box<Integer> bi=new Box<Integer>();`
- `boolean -> Boolean`
- `byte -> Byte`
- `short -> Short`
- `int -> Integer`
- ...



Autoboxing

- Java 1.5
- automatische Konversion zwischen prim. Typen und Klassen

```
Box<Integer> bi = new Box<Integer>();  
bi.add(23); //autoboxing  
bi.add(new Integer(23));  
  
int val = bi.get();
```



generische Methoden

- Deklaration einer generischen Methode

```
[zugriff_mod] class <name> [<Typ1,...>] {  
    [zugriff_mod] [<Typ1,...>] <typ> <name> ([params])  
}
```

- Beispiel

```
public class generics {  
    public <T> void f(T x) {  
        System.out.println(x.toString());  
    }  
    public static <T> void copy(T[] elems, Box<T> b) {  
        for (T e:elem) b.add(e);  
    }  
}
```



generische Methoden

- Aufruf einer generischen Methode

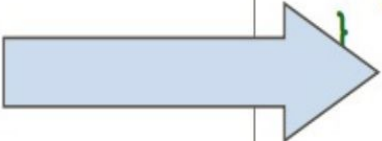
```
public class A {  
    public <T> void print (T x) {  
        System.out.println(x);  
    }  
    public void static main (String[] arr) {  
        A a = new A();  
        a.print(23);  
        a.print("Ana");  
        a.print(new Person("Ana", 23));  
    }  
}
```

Erasure und Bounds

- Für jede parametrisierte Klasse wird genau eine Klasse erzeugt,
 - die die generischen Typinformationen löscht („type erasure“)
 - und die Typparameter durch die Klasse Object ersetzt
- die Typparameter werden durch ihre oberen Schranken ersetzt (zB Object)
- Interoperabilität
 - Möglichkeit der Übersetzung nach Java (pre 1.5) ohne generische Typen

```
public class A {  
    public String f (Integer ix){  
        Stiva<String> st=new Stiva<String>();  
        Stiva sts=st;  
        sts.pune(ix);  
        return st.varf();  
    }  
}
```

compilation



```
public class A {  
    public String f (Integer ix){  
        Stiva st=new Stiva();  
        Stiva sts=st;  
        sts.pune(ix);  
        return (String)st.varf();  
    }  
}
```



Vererbung und Generische Typen

- man kann von generischen Klassen Unterklassen ableiten
- Diese Unterklassen können, aber müssen nicht selbst generische Klassen sein
- Sei A Subtyp von B und G eine generische Klasse
 - $G<A>$ is kein Subtyp von G



Vererbung und Generische Typen

```
public class SecuredBox<T,L> extends Box<T> {  
    private L lock;  
  
    public SecuredBox(T content, L lock) {  
        super(content);  
        this.lock = lock;  
    }  
  
    public L getLock() {...}  
    public void setLock(L lock) {...}  
}
```



Bounds <<Typvariable>> extends <<Typausdruck>>

- nur solche Typparameter, die von <<Typausdruck>> erben, zuzulassen sind

```
public class Apple extends Fruit{}  
public class Steak {}  
public class Box <T extends Fruit> {}  
public Test {  
    public static void main(String[] arr) {  
        Apple a1 = new Apple();  
        Steak s1 = new Steak();  
        Box<Apple> aBox = new Box(a1); //OK  
        Box<Steak> sBox = new Box(s1); //Fehler  
    }  
}
```



Wildcards

- wir haben die Folgende Situation

```
public class Apple extends Fruit{}
public class Box <T extends Fruit> {}
public static void print_box(Box<Fruit> f) {
    System.out.println(f);
}
```
- Apple ist eine Unterklasse von Fruit
- Box<Apple> ist keine Unterklasse von Box<Fruit>
- druckt nur Objekte der Klasse **Box<Fruit>**



Wildcards

- Man darf einen Platzhalter benutzen
 - name <?>

```
public static void print_box(Box<?> f) {  
    System.out.println(f);  
}
```

```
//...
```

```
Box<Apple> box = new Box<Apple>(new Apple());  
print_box(box);
```



Bounded Wildcards

- name <? extends <<Typeausdruck>> >
- beschränkt auf Subtypen von <<Typeausdruck>>
- name <? super <<Typeausdruck>> >
- beschränkt auf Obertypen von <<Typeausdruck>>

```
public static void print_box(Box<? extends Fruit> f) {  
    System.out.println(f);  
}  
//...  
Box<Apple> box = new Box<Apple>(new Apple());  
print_box(box);
```



Exkurs: Stack Implementation

Wir wollen eine generische Stack Klasse umsetzen.

- pop()
- push()
- peek()





Abstrakte Klasse

- Eine Klasse, in der einige Methoden nicht implementiert werden
 - in JAVA abstract by definition
- diese Methoden heißen abstrakte Methoden
- müssen dann in jeder Unterklasse implementiert werden



Interface

- Eine spezielle Art von Klassen, in der alle Methoden abstrakt sind
- Dienen zur Spezifikation einer **Schnittstelle**,
 - die dann von verschiedenen Klassen implementiert werden kann
- Eine Klassen kann mehrere Interfaces implementieren



Ziel von Interfaces

- Interfaces trennen den Entwurf von der Implementierung
- Interfaces legen Funktionalität fest
 - ohne auf die Implementierung einzugehen
- Für Interfaces ist die spätere Verwendung nicht von Bedeutung
 - sondern nur die bereitzustellende Funktionalität
- Als Konsequenz interessiert der Anwender sich nicht für die Implementierungsdetails
 - sondern für die Funktionalität



Vorteile

- Ist einmal ein Interface vorhanden, so hat man ein klares und kleineres Ziel
- Es lassen sich bessere Tests schreiben, da die Funktionalität genau festgelegt ist
- Während der Implementierung braucht man nicht darüber nachzudenken, wo es dann verwendet wird

Exkurs: Interfaces vs Klassen

Implementieren Sie Klassen, Interfaces und abstrakte Klassen, welche die folgenden Bedingungen erfüllen

- Es gibt verschiedene Arten von Tieren: Säugetiere und Vögel
- Einige Tiere können fliegen, andere jagen. Einige Tiere können beides
- Wir haben Pinguine, Hühner, Fledermäuse und Adler
- Es gibt auch Jäger, aber sie können nur Vögel jagen, die jagen können. Die Jäger-Klasse stellt eine Methode `hunt()` bereit.

Jedes Tier hat als Attribute Name und Alter.





aus der Standardbibliothek

- `LinkedList<E>` ist eine Implementierung des Interfaces `List<E>`
- Verwendung
 - `List<E> foo = new LinkedList<E>();`

anstelle von

- `LinkedList<E> foo = new LinkedList<E>();`
- so kann man jederzeit `LinkedList` durch eine andere Implementierung des Interfaces `List` ersetzen

aus der Standardbibliothek

java/lang/Comparable.java (Kommentare gekürzt):

```
/* Copyright 1997-2006 Sun Microsystems, Inc.  
   LICENSE: GPL2 */  
package java.lang;  
import java.util.*;  
  
/**  
 * Compares this object with the specified object  
 * for order. Returns a negative integer, zero, or  
 * a positive integer as this object is less than,  
 * equal to, or greater than the specified object.  
 */  
public interface Comparable<T> {  
    public int compareTo(T o);  
}
```



aus der Standardbibliothek

```
public class Person implements Comparable<Person> {  
    private double size;  
    private String name;  
  
    public Person (double size, String name) {  
        this.size = size; this.name = name;  
    }  
    public int compareTo (Person o) {  
        if (size < o.size) return 1;  
        else if (size == o.size) return 0;  
        else return -1;  
    }  
}
```



Multiple Interfaces

- eine Klasse darf mehrere Interfaces implementieren
- ein Beispiel

```
public interface Grow {  
    public void grow(double x);  
}  
  
public static void main (String[] arr) {  
    Person bob = new Person (1.80, "bob");  
    Person lob = new Person (1,20, "lob");  
    System.out.println(bob.compareTo(lob));  
    lob.grow(10);  
    Grow g = bob; Comparable<Person> cp = bob;  
}
```



aus der Standardbibliothek

```
public class Person implements Comparable<Person>, Grow {  
    //constructor  
    // variablen  
  
    public grow (double x) {  
        size += x;  
    }  
    public int compareTo (Person o) {  
        if (size < o.size) return 1;  
        else if (size == o.size) return 0;  
        else return -1;  
    }  
}
```

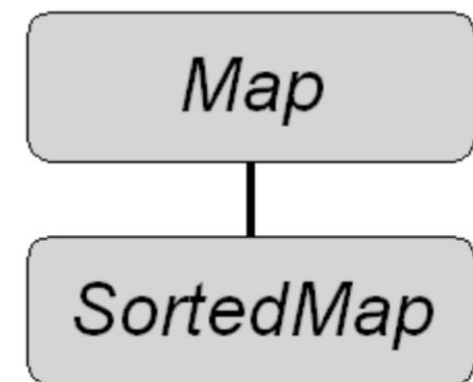
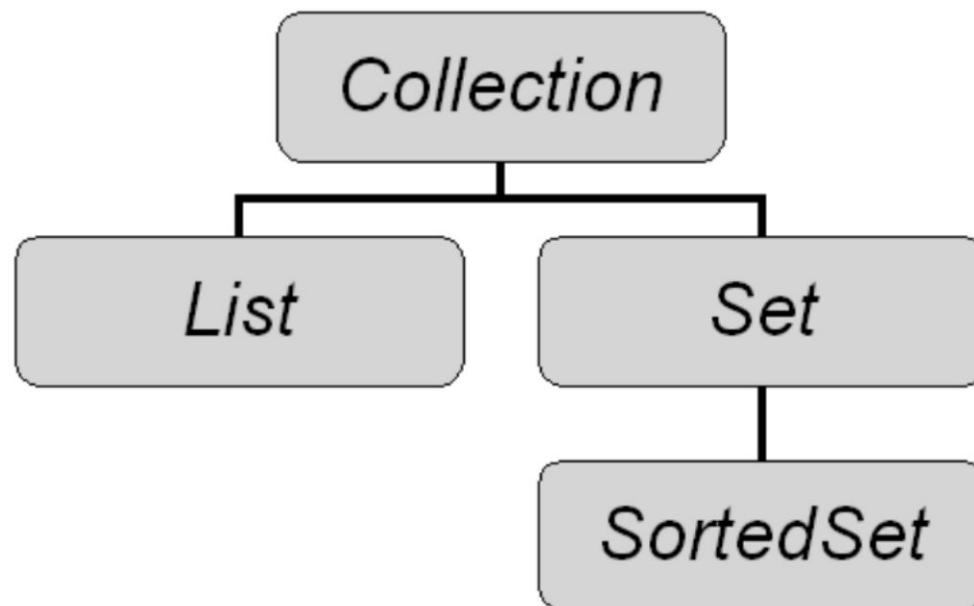


Methoden der Klasse Object

- `java.lang.Object` enthält eine ganze Menge von Methoden
- `boolean equals (Object obj)`
- `String toString ()`
- Da jede Klasse von `Object` erbt, stehen diese Methoden in jeder Klasse zur Verfügung
 - mit genau dieser Semantik
 - Man kann sie jedoch überschreiben, um eine andere Bedeutung zu realisieren

Java Collection Framework

- eine Sammlung von Interfaces, die die Organisation von Objekten in “Containers” unterstützt





Die wichtigsten Elemente

`java.util.Collection`

- Interface, um eine Gruppe von Objekten zu organisieren
- Basis-Definitionen für Hinzufügen und Entfernen von Objekten

`java.util.List`

- Collection Interface, das zusätzlich jedem Element eine fixe Position zuweist



Die wichtigsten Elemente

`java.util.Set`

- Collection Interface, das keine doppelten Elemente erlaubt

`java.util.Map`

- Interface, das die Zuordnung von Elementen zu sogenannten Schlüsseln unterstützt
- erlaubt, Elemente mit dem zugehörigen Schlüssel anzusprechen
- Map ist keine Unterklasse von Collection



Hilfs-Interfaces

`java.util.Iterator`

- Interface, das Methoden spezifiziert, die es erlauben, alle Elemente einer Collection aufzuzählen
- ersetzt weitgehend das ältere `java.util.Enumeration` Interface

`java.util.Comparator`

- Interface, das Methoden zum Vergleich von Elementen einer Collection spezifiziert



Wichtige Methoden

`boolean add(Object obj)`

- füge obj zur Collection hinzu
- return true wenn sich die Collection dadurch verändert hat

`boolean contains(Object obj)`

- return true wenn obj bereits enthalten ist

`boolean isEmpty()`

- return true wenn die Collection keine Elemente enthält



Wichtige Methoden

`Iterator iterator()`

- return ein Iterator Objekt, mit dem man die Elemente einer Collection aufzählen kann

`boolean remove(Object obj)`

- entfernt ein Element, das equal zu obj ist, falls eins existiert
- return true, falls sich die Collection dadurch verändert hat

`int size()`

- return die Anzahl der Elemente in der Collection



Weitere Methoden

`boolean addAll(Collection c)`

- fügt zur Collection alle Objekte aus der Collection c hinzu
boolean

`containsAll(Collection c)`

- true wenn alle Objekte aus der Collection c enthalten sind

`boolean removeAll(Collection c)`

- entfernt alle Objekte aus der Collection, die sich in einer anderen Collection c befinden



Weitere Methoden

`boolean retainAll(Collection c)`

- behalte nur Objekte, die sich auch in der Collection c befinden

`void clear()`

- entfernt alle Objekte aus der Collection

`Object[] toArray()`

- return die Elemente der Collection in einem Array

`Object[] toArray(Object[] a)`

- return einen Array vom selben (dynamischen) Typ wie a



java.util.List

- Spezifiziert eine Collection, bei der die Elemente durchnummeriert sind
 - ähnlich wie in einem Array
 - aber mit flexibleren Zugriffsmöglichkeiten
- realisiert als Unterklasse von `java.util.Collection`
 - das heißt, Objekte, die dieses Interface implementieren, müssen alle Collection Methoden unterstützen
 - und zusätzlich noch Methoden, die einen Zugriff über die Position des Elements erlauben



zusätzliche Methoden

`Object get(int i)`

- gibt das i-te Element zurück

`Object set(int i, Object o)`

- weise dem i-ten Element das Objekt o zu

`int indexOf(Object o)`

- Index des ersten Objekts, für das `equals(o)` gilt
- -1 falls es kein so ein Element gibt



zusätzliche Methoden

`void add(int i, Object o)`

- fügt o an der i-ten Stelle der Liste ein

`Object remove(int i)`

- entfernt und retourniert das Objekt an der i-ten Stelle List

`subList(int von, int bis)`

- gibt die Teil-Liste beginnend mit von, endend mit bis-1 zurück



Vordefinierte Listen-Klassen

LinkedList

- Implementiert eine Liste mit expliziter Verkettung
 - d.h. in den Datenkomponenten wird ein Verweis auf das nächste und vorhergehende Listen-Element abgespeichert
- rekursive Datenstrukturen

ArrayList

- Implementiert eine Liste mittels eines Arrays
- d.h. die Elemente der Liste werden in einem Array abgespeichert



Vordefinierte Listen-Klassen

Vor- und Nachteile:

- ArrayList ist schneller im Zugriff auf indizierte Elemente
 - da sich die Adresse direkt berechnen läßt
- LinkedList ist schneller im Einfügen und Entfernen
 - da die restlichen Einträge der Liste unberührt bleiben.



Konzept von Iterable

- In vielen Fällen gibt es eine endliche Ansammlung von Elementen, die man alle durchlaufen mochte
 - Datentypen: `List<T>`, `Set<T>`, `Map<T>` . . .
- Vereinheitlichung: Interface `Iterable`
- `Iterator<T> iterator()`
- `Iterator` stellt das gewünschte Durchlaufen bereit



java.util.Iterator

boolean hasNext()

- überprüft, ob die Collection noch zusätzliche Elemente hat

Object next()

- returns das nächste Objekt in der Collection

void remove()

- entfernt das letzte Element, das vom Iterator retourniert wurde, aus der Collection



java.util.Iterator

```
Iterator<T> iter = collection.iterator();  
while(iter.hasNext()){  
    T elem = iter.next(); ... // Code, der mit elem etwas  
    macht  
}
```

- Man kann auch kurz schreiben

```
for(T elem : colle){ ... // Code, der mit elem etwas  
macht }
```



Effizienter mittels Iterator

- Wenn foo zur Klasse `LinkedList<T>` genügt, ist

```
for(T elem : colle){ // Code, der mit elem etwas macht }
```

- erheblich schneller als

```
for(int i = 0; i < colle.size(); ++i){  
    T elem = colle.get(i); ... // Code, der mit elem etwas  
    macht  
}
```



Vorteile durch Iterable

- Einheitlicher
- Übersichtlicher
- Kürzer
- In manchen Fällen schneller



Java.util.Set

Spezifiziert eine Menge

- also eine Collection, in der kein Element doppelt vorkommen darf
- implementiert genau die Methoden, die für Collection vorgeschrieben sind
- aber keine zusätzlichen Methoden

java.util.HashSet

- implementiert das Interface `Set` mit Hilfe einer Hash-Tabelle

```
class HashSetTest{  
    public static void main(String args[]){  
        HashSet<String> set=new HashSet();  
        set.add("One");set.add("Two");  
        set.add("Three"); set.add("Four");  
        Iterator<String> i=set.iterator();  
        while(i.hasNext()) {  
            System.out.println(i.next());  
        }  
    }  
}
```



java.util.Collections

- Methoden zum Sortieren
 - `static void sort(List list)`
 - Sortieren nach natürlicher Ordnung der Objekte
 - `static void sort(List list, Comparator c)`
 - Sortieren nach dem Comparator-Objekt
- Weitere Methoden zum
 - Suchen
 - Kopieren
 - Mischen



java.util.SortedSet

- wie `java.util.Set` aber die Elemente sortiert werden müssen
- also wieder nur ein semantischer Unterschied in der Implementierung des Interfaces
- Um sortieren zu können, muss man Elemente vergleichen können



java.util.Comparator

- ein eigenes Objekt zum Vergleichen
- stellt einzige Methode bereit, die implementiert werden muss
- `int compare(Object o1, Object o2)`
- Rückgabewert: 0,+,-

java.util.Comparable

- definiert eine totale Ordnung
- `int compareTo(Object o)`
 - vergleicht dieses Objekt mit dem Objekt o
- Rückgabewert: 0, + , -

```
import java.util.*;
public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        List<Person> leute = new ArrayList<Person>();
        leute.add(new Person(15, "BOB"));
        leute.add(new Person(28, "DOB"));
        leute.add(new Person(19, "LOB"));
        leute.add(new Person(33, "ZOB"));
        Collections.sort(leute);
        for(Person p : leute)
            System.out.println(p.toString());
    }
}
```

```
import java.util.*;
public class Person implements Comparable<Person> {
    int alter; String name;
    public Person(int alter, String name) {
        this.name = name;
        this.alter = alter;
    }
    public String toString() {
        return(name + " ist " + alter + " Jahre alt");
    }
    @Override
    public int compareTo(Person o) {
        return(this.alter - o.alter);
    }
}
```



java.util.Map

- realisiert einen assoziativen Speicher
- Schlüssel (Keys):
 - sind beliebige Objekte
 - jeder Schlüssel kann nur maximal einmal vorkommen
- Werte (Values):
 - sind ebenfalls beliebige Objekte
 - jedem Schlüssel wird genau ein Wert zugeordnet



java.util.Map

- `Object get(Object key)`
- `Object put(Object key, Object val)`
- `Object remove(Object key)`
- `boolean containsKey(Object key)`
- `boolean containsValue(Object val)`
- `Set keySet()`
- `Collection values()`



java.util.HashMap

- realisiert eine Map mit einer sogenannten Hash-Tabelle
- Jedem Objekt ist eine fixe Zahl zugeordnet, der sogenannte Hash-Cod
- MD5 SHA-1
- Hash-Codes



Hash-Codes

- für jedes Objekt muss ein Integer Code retourniert werden
- während eines Ablaufs des Programms muss immer der gleiche Code retourniert werden
- bei verschiedenen Abläufen können es auch verschiedene Codes sein
- es ist nicht verlangt, dass das zwei verschiedene Objekte verschiedene HashCodes retournieren
 - wäre aber gut

java.util.HashMap

```
public class HashMapTest{
    public static void main(String args[]){
        HashMap<Integer,String> map=new
            HashMap<Integer,String>();//Creating HashMap
        map.put(1,"Mango");map.put(2,"Apple");
        map.put(3,"Banana"); map.put(4,"Grapes");

        System.out.println("Iterating Hashmap...");
        for(Map.Entry m : map.entrySet()){
            System.out.println(m.getKey()+" "+m.getValue());
        }
    }
}
```



Maps mit sortierten Schlüsseln

Interface `java.util.SortedMap`

- Eine **Map**, bei der die Schlüssel sortiert bleiben müssen
- d.h. die Schlüssel bilden kein **Set**, sondern ein **SortedSet**

Klasse `java.util.TreeMap`

- Klasse, die das **SortedMap** Interface implementiert