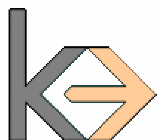
Kapitel 14

Das Java Collection Interface


Fachgebiet Knowledge Engineering
Prof. Dr. Johannes Fürnkranz

TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

14. Das Java Collection Interface

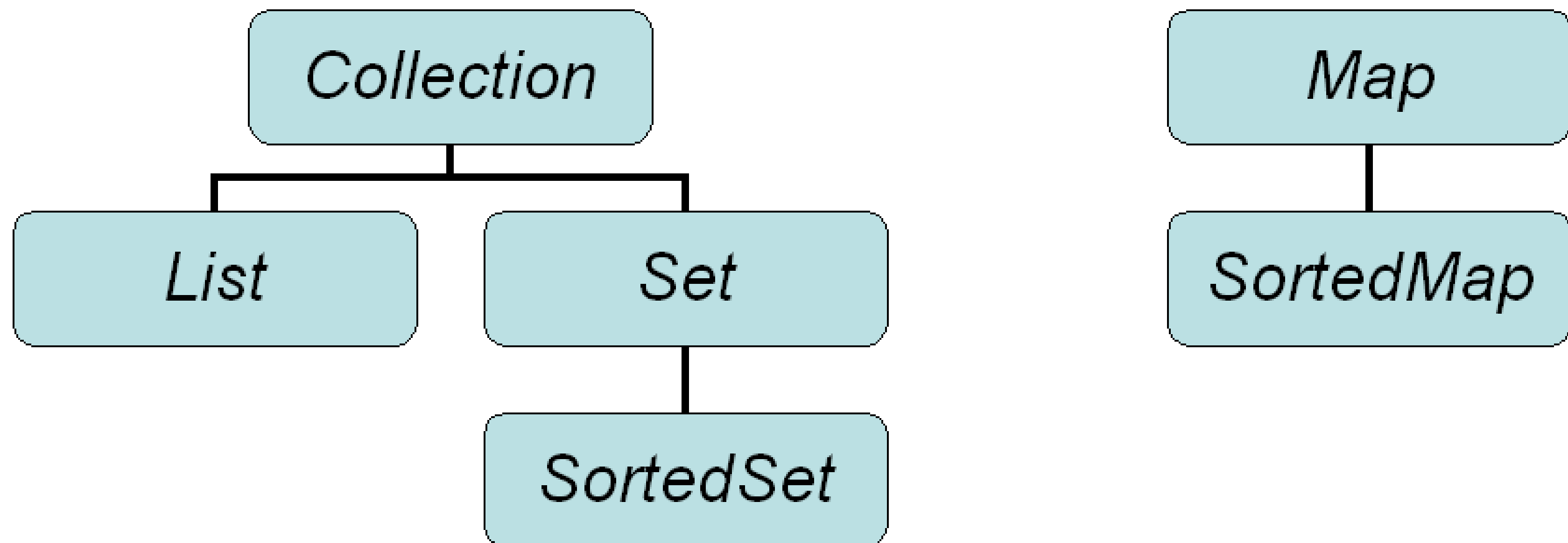
1. Collections
2. Iteratoren (Iterators)
3. Listen (List)
4. Mengen (Set)
5. Hashtabellen (Map)
6. Generics

Das Java Collection Framework

eine Sammlung von Interfaces, die die Organisation von Objekten in “Container” unterstützt http://java.sun.com/j2se/1.4.2/docs/api/java/util/Collection.html

- Spezifikation von Methoden zur Unterstützung der Erstellung von Collections
- Hinzufügen und Löschen von Objekten, etc.

Die wichtigsten Container-Interfaces:



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

java.util.Set

- Collection Interface, das keine doppelten Elemente erlaubt (Mengen)

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!

Nützliche 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 des `Collection` Interfaces

`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

`Iterator iterator()`

- return ein `Iterator` Objekt, mit dem man die Elemente einer Collection auf zählen 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 des `Collection` Interface

`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

`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()`

- retourniert die Elemente der Collection in einem Array

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

- retourniert einen Array vom selbem (dynamischen) Typ wie a

java.util.Iterator

Das Iterator Interface dient zur Iteration über Elemente einer Collection

- kann aber auch von anderen Klassen implementiert werden

Festgelegte Methoden:

`boolean hasNext()`

- überprüft, ob die Collection noch zusätzliche Elemente hat

`Object next()`

- retourniert das nächste Objekt in der Collection

`void remove()`

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

Anmerkung:

seit der Java Version 1.5. gibt es auch eine spezielle Version der for-Schleife zur Iteration über eine Collection

Beispiel 1

Das Programmstück aus dem letzten Beispiel von Kapitel 12

```
for ( int i=0; i<v.size(); i++ ) {
            Integer x = (Integer)(v.get(i));
            System.out.print ( x.intValue() );
    }
```

könnte man auch so schreiben

```
Iterator it = v.iterator();
while (it.hasNext()) {
   Integer x = (Integer) it.next();
   System.out.println (x.intValue());
}
```

oder so

leeres Update, update von x erfolgt im Schleifen-Rumpf!

```
for (Iterator it = v.iterator(); it.hasNext(); ) {
   Integer x = (Integer) it.next();
   System.out.println (x.intValue());
}
```

Beispiel 2

Methode zum Filtern von Elementen aus einer Collection

```
static void filter(Collection c) {
   Iterator i = c.iterator();
    while (i.hasNext()) {
       if (filterTest(i.next()))
          i.remove();
}
```

Beachte, daß diese Methode für jede beliebige Klasse funktionieren würde, die eine boolean Methode namens `filterTest` definiert hat

- ganz egal, wie die Datenkomponenten aussehen
- solange die Klasse angibt, daß sie das Interface `Iterator` implementiert

Interface `java.util.List`

Spezifiziert eine Collection, bei der die Elemente durchnumeriert sind

- ähnlich wie in einem Array
- aber mit flexibleren Zugriffsmöglichkeiten
  - z.B. veränderlicher Größe

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

Die totale Ordnung aller Objekte erlaubt auch, daß man die Objekte in beide Richtungen durchlaufen kann

- es gibt daher auch eine spezielle Unterklasse des Iterator-Interfaces, das erlaubt, in beide Richtungen zu laufen
  - z.B. `hasPrevious()`, `previous()`, etc.

  → Interface `ListIterator`

Die wichtigsten zusätzlichen Methoden

`Object get(int i)`

- retourniere das i-te Element

`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

`void add(int i, Object o)`

- fügt `o` an der `i`-ten Stelle der Liste ein
- retourniert das Element, das sich vorher an dieser Stelle befunden hat

`Object remove(int i)`

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

`List subList(int von, int bis)`

- retourniert die Teil-Liste beginnend mit `von`, endend mit `bis-1`

Vordefinierten Listen-Klassen

Klasse `LinkedList`

- Implementiert eine Liste mit expliziter Verkettung
  - d.h. in den Datenkomponenten wird ein Verweis auf das nächste und vorhergehende Listen-Element abgespeichert
- ähnlich zu der Implementierung, die wir im Abschnitt über rekursive Datenstrukturen kennengelernt haben

Klasse `ArrayList`

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

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.

Aber nach außen hin können sehen beide gleich aus

- da beide das Interface `List` implementieren

`java.util.Vector`

Haben wir bereits kennengelernt

Implementiert das `List`-Interface

- intern mittels eines Arrays
- sehr ähnlich zu `ArrayList`
  - Unterschiede nur beim Zugriff aus mehreren Threads

Daseinsberechtigung hauptsächlich aus historischen Gründen:

- die Klasse war bereits Teil von Java, bevor in der Version 1.2 das Collection Framework definiert wurde
- daher gibt es für einige Methoden auch noch andere Namen
  - z.B. `elementAt(i)` und `get(i)` machen genau das gleiche

Interface `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!

Wozu wurde dann ein eigenes Interface definiert?

- die Bedeutung der Methoden ist eine andere

Beispiel:

- für ein Objekt, das `List` implementiert, verändert die Methode `add` die Collection in jedem Fall durch Hinzufügen eines Elements
- für ein Objekt, das `Set` implementiert, wird die Methode nur verändert, wenn das hinzuzufügende Element nicht schon in der Collection enthalten ist.

  → Zur Überprüfung Aufruf von `equals`!

Unterschied liegt also in der Semantik, nicht in der Syntax

Interface `java.util.HashSet`

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

- was eine Hash-Tabelle ist werden wir in Kürze sehen

Beispiel

```
import java.util.*;

public class LottoZiehung
{
  public static void main(String[] args)
  {
    HashSet zahlen = new HashSet();
    //Lottozahlen erzeugen
    while (zahlen.size() < 6) {
      int num = (int) (Math.random() * 49) + 1;
      if (zahlen.add(new Integer(num))) {
        System.out.println(“Neue Zahl “ + num);
      }
      else {
        System.out.println(“DoppelteZahl “ + num
                                  + “ ignoriert”);
      }
    }
    //Lottozahlen ausgeben
    Iterator it = zahlen.iterator();
    while (it.hasNext()) {
      System.out.println(
          ((Integer) it.next()).toString());
    }
  }
}
```

Für ein `Set` retourniert `add` `true`, wenn ein neues Element hinzugefügt wurde, `false` sonst.

Nach einem Beispiel aus http://www.javabuch.de

Interface `java.util.SortedSet`

Im vorigen Beispiel werden die sechs Lotto-Zahlen in der Reihenfolge, in der sie gezogen wurden, präsentiert

- schöner wär's natürlich, wenn sie in aufsteigender Reihenfolge sortiert wären
- dazu kann man sie entweder selber sortieren...
- ... oder eine Klasse verwenden, die das Interface `java.util.SortedSet` implementiert

Interface `java.util.SortedSet`

- wie `java.util.Set`, nur daß die Elemente sortiert werden

Problem:

- Um sortieren zu können, muß ich Elemente vergleichen können.

→ Wie vergleiche ich zwei beliebige Elemente?

`java.util.Comparator`

ein eigenes Objekt zum Durchführen von Vergleichen

Einzige Methode: `int compare(Object o1, Object o2)`

- vergleicht zwei Objekte `o1` und `o2`
- Rückgabewert analog zu oben

`java.util.Comparable`

Interface, das angibt, daß auf Objekten, die dieses Interface implementieren, eine totale Ordnung definiert ist.

- die sogenannte natürliche Ordnung des Objekts

Einzige vorgeschriebene Methode: `int compareTo(Object o)`

- vergleicht dieses Objekt mit dem Objekt `o`

Rückgabewert:

- 0 wenn beide Objekte gleich sind
  - äquivalent zu `this.equals(o)`
- positive Zahl, wenn dieses Objekt als größer als `o` anzusehen ist
- negative Zahl, wenn dieses Objekt kleiner als `o`

Neue Methoden von `SortedSet`

`Comparator comparator()`

- retourniert den Vergleichsoperator, der verwendet wird, oder null, falls die natürliche Ordnung der Elemente verwendet wird

`Object first()`

- Das erste (niedrigste) Element in der sortierten Menge

`Object last()`

- Das letzte (höchste) Element in der sortierten Menge

`SortedSet headSet(Object o)`

- alle Elemente des Sets, die kleiner als `o` sind

`SortedSet tailSet(Object o)`

- die Elemente des Sets, die größer oder gleich `o` sind

`SortedSet subSet(Object o1, Object o2)`

- die Teilmenge von Elementen, die größer oder gleich `o1` sind und kleiner als `o2` sind

Klasse `java.util.TreeSet`

Implementiert das SortedSet Interface

- Speicherung der Mengen erfolgt in einer Baum-Struktur
- stellt sicher, daß in jedem Knoten nur ein Element vorhanden ist
- stellt auch die Sortierung sicher

Beispiel:

- Um sortierte Lotto-Zahlen zu erhalten, muß man in unserem Beispiel nur die Zeile

```
HashSet zahlen = new HashSet();
```

ersetzen durch

```
TreeSet zahlen = new TreeSet();
```

So einfach ist das dank der Verwendung von Interfaces!

- da alle Methoden-Namen durch das gemeinsame Interface festgelegt sind.

Konstruktoren von `TreeSet`

`TreeSet()`

- erzeugt ein leeres `TreeSet`
  - analog zu Konstruktoren von `HashSet`
- die Elemente werden nach Ihrer natürlichen Ordnung sortiert
  - das heißt, die Objekte müssen das Interface `Comparable` implementieren
  - Sortierung erfolgt durch Aufruf der `compareTo`-Methode der zu sortierenden Objekte

`TreeSet(Comparator c)`

- erzeugt ein leeres `TreeSet`
- die Elemente werden durch Aufruf des Comparators `c` sortiert
  - das heißt, die Objekte müssen nicht das Interface `Comparable` implementieren
  - oder die Sortierung kann auch nach einer anderen Methode als der natürlichen Ordnung erfolgen

Interface `java.util.Map`

realisiert einen assoziativen Speicher

- ein assoziativer Speicher besteht aus einer Tabelle von Paaren von Schlüssel und Wert

Schlüssel (Keys):

- sind beliebige Objekte
- jeder Schlüssel kann nur maximal einmal vorkommen

Werte (Values):

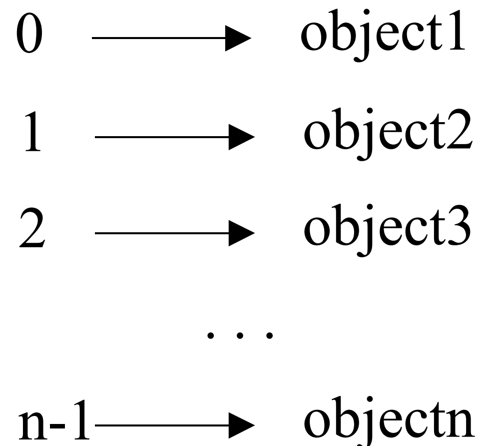
- sind ebenfalls beliebige Objekte
- jedem Schlüssel wird genau ein Wert zugeordnet

die Tabelle ist als Abbildung von beliebigen Objekten (Schlüsseln) auf andere Objekte (Werte) zu verstehen

- genauso wie bei einem Array oder bei einer Liste jeder integer Zahl (dem Index) ein Objekt zugeordnet ist
- kann bei einem Map einem beliebigen Objekt (dem Schlüssel) ein anderes Objekt zugeordnet werden (mapping = Abbildung)

Schematische Illustration

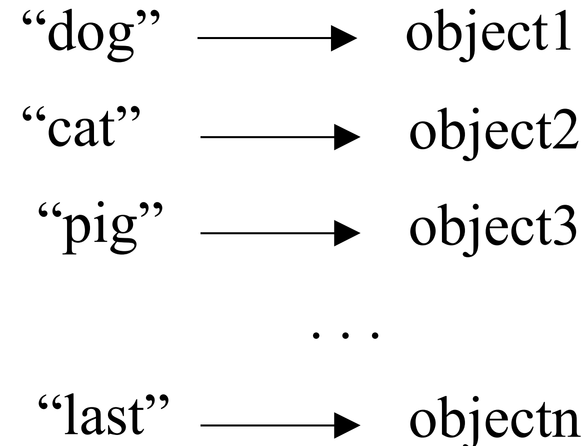
List (bzw. Array)



- Zugriff

```
l.set(2,object3)
Object o = l.get(2);
```

Map



- Zugriff

```
m.put("pig",object3)
Object o = m.get("pig");
```

Wichtige Methoden von `java.util.Map`

`Object get(Object key)`

- retourniert den dem Schlüssel `key` zugeordneten Wert

`Object put(Object key, Object val)`

- ordnet dem Schlüssel `key` den Wert `val` zu

`Object remove(Object key)`

- Entfernt den Schlüssel `key` (und damit den zugehörigen Wert)

`boolean containsKey(Object key)`

- true wenn es einen Eintrag mit dem Schlüssel `key` gibt

`boolean containsValue(Object val)`

- true wenn es einen Eintrag mit dem Wert `val` gibt

`Set keySet()`

- retourniert alle Schlüssel als ein `Set` (keine Duplikate)

`Collection values()`

- retourniert alle Werte als eine `Collection`

Klasse `java.util.HashMap`

realisiert eine Map mit einer sogenannten Hash-Tabelle

Hash-Tabellen ordnen jedem Objekt eine fixe Zahl zu

- die Zuordnung sollte nach Möglichkeit eindeutig sein (also verschiedene Objekte werden mit verschiedenen Zahlen identifiziert
- und die (große) Anzahl der möglichen Objekte auf eine relativ kleine Anzahl von möglichen Werten reduzieren
- und relativ effizient zu berechnen sein

Einige bekannte Hashing-Funktionen

- MD5
- SHA-1

Die Idee von Checksummen ist ähnlich der Idee von Hash-Funktionen

- im Prinzip kann eine Checksumme als eine Hash-Funktion verwendet werden und umgekehrt

Hash-Codes

Wo kommen die Hash-Codes her?

→ Methode `hashcode()` von `java.lang.Object`

- kann ererbt, aber auch speziell implementiert werden

Anforderungen

- 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 Hash-Codes retournieren (wär aber gut)

Die Default-Implementierung, die von `java.lang.Object` geerbt wird retourniert üblicherweise die Speicheradresse des Objekts

- muß aber nicht so sein

Beispiel

```
import java.util.*;

public class MailAliases
{
  public static void main(String[] args)
  {
    HashMap h = new HashMap();

    //Pflege der Aliase
    h.put("Fritz","f.mueller@test.de");
    h.put("Franz","fk@b-blabla.com");
    h.put("Paula","user0125@mail.uofm.edu");
    h.put("Lissa","lb3@gateway.fhdto.northsurf.dk");

    //Ausgabe
    Iterator it = h.keySet().iterator();
    while (it.hasNext()) {
      String key = (String)it.next();
      System.out.println(key + " --> "
                         + (String)h.get(key) );
    }
  }
}
```

Beispiel aus http://www.javabuch.de

Weitere Map-Klassen

Klasse `java.util.Hashtable`

- alte Implementation von Hash-Tables
- Unterschiede zu `HashMap` minimal

Interface `java.util.SortedMap`

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

Klasse `java.util.TreeMap`

- Klasse, die das `SortedMap` Interface implementiert

Klasse `java.util.Collections`

Eine Sammlung von statischen Methoden zum Arbeiten mit 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
- ....

Details

→ Java API Dokumentation

Beispiel

Im vorigen Beispiel können die E-mail-Adressen in alphabetischer Reihung ausgegeben werden:

```
//Ausgabe
 ArrayList keys = new ArrayList(h.keySet());
 Collections.sort(keys);
 Iterator it = keys.iterator();
 while (it.hasNext()) {
   String key = (String)it.next();
   System.out.println(key + " --> "
                    + (String)h.get(key) );
 }
```

wird die Sortierung häufig verwendet, würde sich in diesem Beispiel natürlich die Verwendung von `TreeMap` statt `HashMap` empfehlen

- das Programm müßte außer bei der Typ-Dekaration von `h` (und dem Einsparen der `sort`-Anweisung) wiederum nicht verändert werden!

Abstrakte Basis-Klassen

Zur Neu-Definition von Objekten, die Collection Interfaces implementieren, kann man (wenn man möchte) von existierenden abstrakten Basis-Klassen ableiten

- `AbstractCollection`
- `AbstractList`
- `AbstractSet`
- `AbstractMap`

Die Basis-Klassen implementieren einige der Methoden, die dann von den abgeleiteten Klassen geerbt werden können

- andere müssen in der abgeleiteten Klasse implementiert werden

Insbesondere sind alle bisher besprochenen Klassen von diesen abstrakten Klassen abgeleitet

Generics (neu in Java 1.5)

Zur einfacheren Handhabung der Typen-Konversionen wurden in Java 1.5 sogenannte Generics eingeführt

- Generics sind allgemeine Typen-Schablonen, mit deren Hilfe man bei der Deklaration von Objekten den Typ von bestimmten Daten-Komponenten angeben kann
- Der Typ wird innerhalb von <...> angegeben

Beispiel:

```
ArrayList<String> x = new ArrayList<String>();
```

- vereinbart eine `ArrayList`, die nur mit `String`-Elementen gefüllt werden kann.

Vorteile (am Beispiel von Collections):

- Der Compiler weiß, welche Objekte in die Collections eingespeichert werden sollen, und kann verhindern, daß falsche Objekte zugewiesen werden
- Der Compiler weiß, welchen Typ die Objekte in der Collection haben, daher ist ein expliziter Down-Cast nicht mehr notwendig.

Beispiel Generics

Mit Generics:

```
// Removes 4-letter words from c.
// Elements must be strings
static void expurgate(Collection c) {
    for (Iterator i = c.iterator(); i.hasNext(); )
      if (((String) i.next()).length() == 4)
        i.remove();
}
```

Explizites down-cast notwendig

Ohne Generics:

```
// Removes the 4-letter words from c
static void expurgate(Collection<String> c) {
    for (Iterator<String> i = c.iterator(); i.hasNext(); )
      if (i.next().length() == 4)
        i.remove();
}
```

Generics geben an, welcher Objekt-Typ in der Collection enthalten ist.

Diese Methode funktioniert für alle Collections, die Strings enthalten.

Interface `Iterable`

Seit Java 1.5 gibt es ein Interface `Iterable`

Einzige Methode: `Iterator iterator()`

- retourniert einen Iterator für dieses Objekt

→ Alle Collections implementieren somit das Interface `Iterable`.

Anmerkung:

- Iterators können auch als Generics deklariert werden
- Die Deklaration `Iterator<X> iterator()` bewirkt, daß der Methodenaufruf `next()` immer ein Objekt vom Typ `X` retourniert.

Erweiterung der `for`-Schleife

Seit der Java-Version 1.5 ist auch folgende vereinfachte Syntax für for-Schleifen über Objekte vom Type Iterable

Alte Version

```
ArrayList v = new ArrayList();
...
for (Iterator it = v.iterator(); it.hasNext(); ) {
   Integer x = (Integer) it.next();
   System.out.println (x.intValue());
}
```

Neue Version

```
ArrayList<Integer> v = new ArrayList<Integer>();
...
for (Integer x : v) {
   System.out.println (x.intValue());
}
```

Iteriert über alle Integer-Objekte in der Collection v