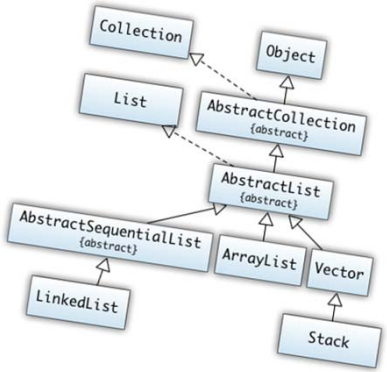
DHBW Duale Hochschule Baden-Württemberg Stuttgart Campus Horb

Vorlesung Programmieren
Thema 13:
Generische Programmierung und Collections

Olaf Herden
Fakultät Technik
Studiengang Informatik

HashSet<String>

ArrayList<Integer>



Stand: 05/2024

Gliederung

- Einführung
- Mengen
- Listen
- Wildcards
- Selbst entwickelte generische Klassen
- Wrapper

Collection (I)

- Ziel: Bestimmte Anzahl von Objekten eines bestimmten Typs verwalten
- Collection-/Container-Klasse: Nimmt Objekte gleichen Typs auf
- Beispiele:
  - Menge von Mitarbeitern
  - Multimenge von 2D-Objekten
  - Sortierte Menge von ganzen, positiven Zahlen
- Bisher: Felder
- Ermöglichen Verwaltung von Elementen gleichen Typs, z.B. `Mitarbeiter[] MitarbeiterFeld = new Mitarbeiter[20]`
- Probleme:
  - Feste Obergrenze (Feldvergrößerung nur durch Neuanlegen und Umkopieren)
  - Neue Implementierung aller Operationen (Einfügen, Entnehmen, Sortieren, ...) für jedes Feld

Collection (II)

- Mehrfache Implementierung gleicher Funktionalität:
  - Unwirtschaftlich
  - Widerspricht Objektorientierung
- Wünschenswert:
  - Übernahme Aufgaben durch vorgefertigte Klassen
  - Collection-Klassen universell, d.h. für beliebigen Typ verwendbar
- Java stellt im Paket `java.util` (util = utility) solche Klassen zur Verfügung

Realisierung Container bis Java 1.4

- Bis Java 1.4:
  - Alle Container enthalten Elemente vom Typ `Object`
  - Insbesondere: Objekte verschiedenen Typs im gleichen Container möglich
  - Beispiel:

```
(1) Vector myVector = new Vector();
(2) myVector.add(new Arbeiter());
(3) Arbeiter a = (Arbeiter) myVector.iterator().next();
```

- Probleme:
  - Nicht Typ-sicher (Objekte verschiedener Typen können in gleichem Vektor gespeichert werden)
  - Bei Lesezugriff Typumwandlung notwendig
  - Laufzeitfehler möglich
- Idee:
  - Anlegen einer Schablone
  - Übergeben des konkreten Typs

Generische Datentypen

- Ab Java 5: Generische Datentypen (Generics)
- Beispiel:

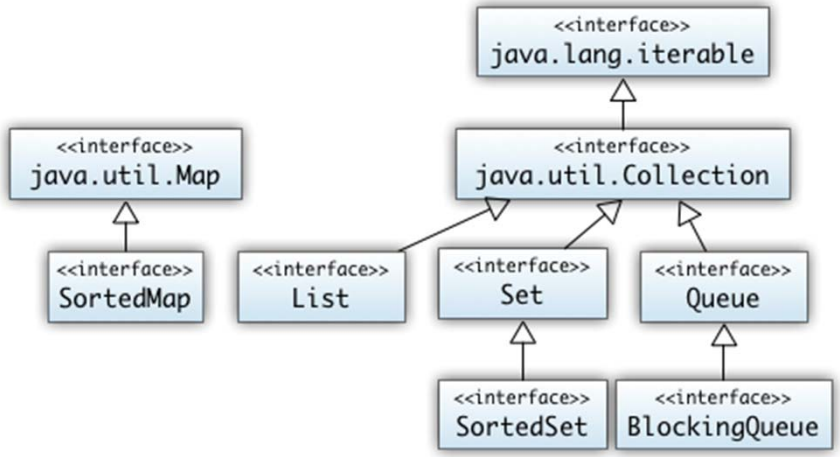
```
(1) Vector<Arbeiter> myVector = new Vector<Arbeiter> ();
(2) myVector.add(new Arbeiter());
(3) Arbeiter a = myVector.iterator().next();
```

- Probleme behoben:
  - Typ-sicher (Compiler kann dies zur Übersetzungszeit überprüfen)
  - Damit keine Laufzeitfehler
  - Keine Typumwandlung notwendig

Collections: Aufbau

- Im Paket `java.util`
- Vier Gruppen:
  - Listen (abstrakte Klasse `List`): geordnete Datenstrukturen, Zugriff über Index, Unterschied zu Feldern: Einfügen an einer beliebigen Stelle
  - Mengen (abstrakte Klasse `Set`): mathematische Menge (Objekte können nur einmal enthalten sein), prüfen Objekt auf Enthaltensein, keine Reihenfolge oder Ordnung in Menge
  - Verzeichnisse (abstrakte Klasse `Map`): verallgemeinerte Felder, Wahl eines beliebigen Zugriffskriteriums, z.B. Personen nach Nachnamen verwalten und mit Hilfe eines gegebenen Nachnamens aufrufen
  - Warteschlangen (abstrakte Klasse `Queue`): Listen nach FIFO Prinzip (First In , First Out), kein wahlfreier Zugriff
  - Ergänzend: Klasse `Arrays` mit Basisfunktionen zum Suchen und Sortieren von Feldern

Collections: Interfaces



- Jede Gruppe hat abstrakte Klasse und Interface:
  - Interfaces definieren welche Operationen für Gruppe erlaubt sind (funktionale Eigenschaft):
    - sortiert oder unsortiert
    - geordnet oder ungeordnet. Bleibt die Einfügereihenfolge erhalten?
    - sequenziell oder wahlfreier Zugriff
  - Abstrakte Basisklasse implementiert Schnittstelle und bestimmt damit den Algorithmus, der zu bestimmter Effizienz führt

[http://www.scalingbits.com/java/javakurs2/programmieren2/collection/ueberblick]

Collections: Übersicht

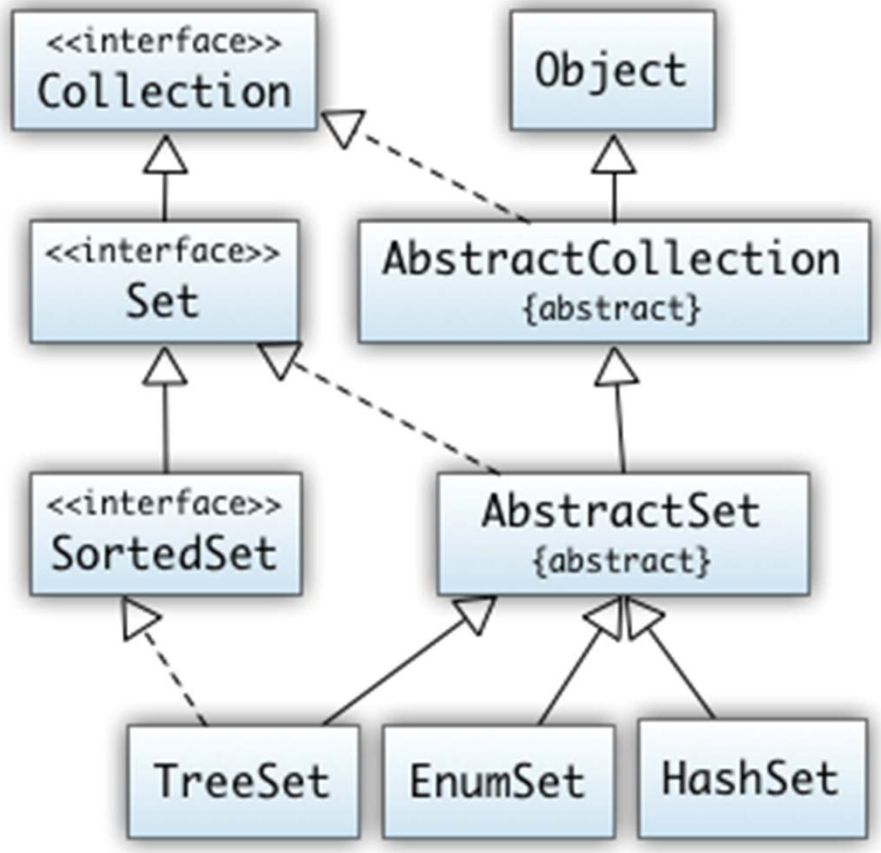
Klasse	Famlie (implem. Schnittst.)	Zugriff	Duplikate erlaubt	Ordnung	Kommentar
ArrayList	Liste(List)	wahlfrei über Index	Ja	geordnet	effizientes Lesen über Index
LinkedList	Liste(List)	wahlfrei über Index	Ja	geordnet	effizientes Einfügen
Vector	Liste(List)	wahlfrei über Index	Ja	geordnet	synchronisiert(!)
Stack	Liste(List)	sequentiell (letztes Element)	Ja	geordnet	LIFO: Last In First Out
HashSet	Menge(Set)	ungeordnet; Test auf Existenz	Nein	ungeordnet	schnelles Lesen, Einfügen, Löschen
TreeSet	Menge(Set)	sortiert; Test auf Existenz	Nein	sortiert	
LinkedList	Warteschlange(Queue)	sequentiell, Nachfolger	Ja	geordnet	effizientes Einfügen (am Rand)
PriorityQueue	Warteschlange(Queue)	sequentiell, Nachfolger	Ja	sortiert	
HashMap	Verzeichnis(Map)	wahlfrei über Schlüssel	Keine Schlüsselduplikate, Werteduplikate erlaubt	ungeordnet	effizientes Lesen, Einfügen, Löschen
TreeMap	Verzeichnis(Map)	wahlfrei über Schlüssel	Keine Schlüsselduplikate, Werteduplikate erlaubt	sortiert	

[http://www.scalingbits.com/java/javakurs2/programmieren2/collection/ueberblick]

Gliederung

- Einführung
- Mengen
- Listen
- Wildcards
- Selbst entwickelte generische Klassen
- Wrapper

Übersicht



[http://www.scalingbits.com/java/javakurs2/programmieren2/collection/mengen]

Interface Set<E>

- Wichtige Methoden:

Name	Bedeutung
`public boolean add(E e)`	Fügt Objekt `e` dem Set hinzu
`public void clear()`	Löscht Inhalt des Set
`public boolean contains(E e)`	Liefert `true`, falls Objekt `e` in Set, sonst `false`
`public boolean isEmpty()`	Liefert `true`, falls Set leer, sonst `false`
`public boolean remove(E e)`	Löscht Objekt `e` aus Set
`public int size()`	Liefert Anzahl Elemente des Set

- Weitere: https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/Set.html

Interface `SortedSet<E>`

- Abgeleitet von Set<E>, Elemente sortiert
- Wichtige Methoden:

Name	Bedeutung
`public SortedSet<E> subSet (E e, E f)`	Liefert Teilmenge von Element `e` bis Element `f`
`public SortedSet<E> headSet (E e)`	Liefert Teilmenge von Anfang bis Element `e`
`public SortedSet<E> tailSet (E e)`	Liefert Teilmenge von Element `e` bis Ende
`public E first()`	Liefert erstes Element
`public E last()`	Liefert letztes Element

- Weitere: https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/SortedSet.html

Klasse `TreeSet`

- Sortierte Speicherung:
  - Natürliche Ordnung oder
  - Wie in Interface Comparator definiert
- Kosten für Zugriffsmethoden `add()`, `remove()`, `contains()`: $O(\log(n))$
- Nicht synchronisiert
- Anwendungsfälle:
  - Häufiges Iterieren über Menge mit bestimmtem Schlüsselkriterium
  - Erhöhte Kosten für Einfügen und Entfernen nicht relevant

Klasse `HashSet`

- Intern als `HashMap` realisiert
- Keine Ordnung der Elemente $\Rightarrow$ Beim Iterieren beliebige Reihenfolge
- Methoden `add()`, `remove()`, `contains()`, `size()`: konstanter Aufwand
- Operationen bei großen Datenmengen performanter als Methoden der Klasse `TreeSet`
- Anwendungsfälle:
  - Hohe Effizienz Einfüge-, Entfernungs- und Leseoperationen notwendig
  - Ordnung der Menge spielt keine Rolle

Klasse EnumSet

- Spezielle Implementierung für Enumerationen
- Interne Realisierung mit Bitvektoren
- Sehr effizient bei Mengenoperationen

Klasse `HashSet` (II): Beispiel

```
( 1) // Anlegen eines Arbeiters, Facharbeiters und Managers
( 2) Arbeiter a = new Arbeiter(4711,"Meier","Frank",14.67);
( 3) Facharbeiter f = new Facharbeiter
( 4)                          (4712,"Franksen","Peter",18.33,"Chemie");
( 5) Manager m = new Manager(4713, "Kaiser", "Karl-Heinz",
( 6)                           0.0, 0.0, "Mazda Cabrio", "S-ZZ 999");
( 7) // Anlegen HashSet-Objekt
( 8) HashSet<Mitarbeiter> h = new HashSet<Mitarbeiter>();
( 9) // Einfügen Objekte
(10) h.add(a);
(11) h.add(f);
(12) h.add(m);
(13) // Größe des HashSet ausgeben
(14) System.out.println("Größe des HashSet : " + h.size());
```

Interface `Iterator` (I)

- Ermöglicht Aufzählen Container-Inhalt mittels Iteration
- Methoden:

Name	Bedeutung
`boolean hasNext()`	Liefert `true`, falls noch Elemente im Container, sonst `false`
`Object next()`	Liefert nächstes Objekt aus Container
`void remove()`	Entfernt zuletzt aufgelistetes Element aus Container

Interface `Iterator` (II)

- Syntax für Iteratoren zum Auslesen:

  ```
  for(<Objekttyp> <Variable> : <Container>){ ... }
  ```

- Navigation über alle Elemente des Containers
- Zugriff im Schleifenrumpf über Variablennamen
- Beispiel:

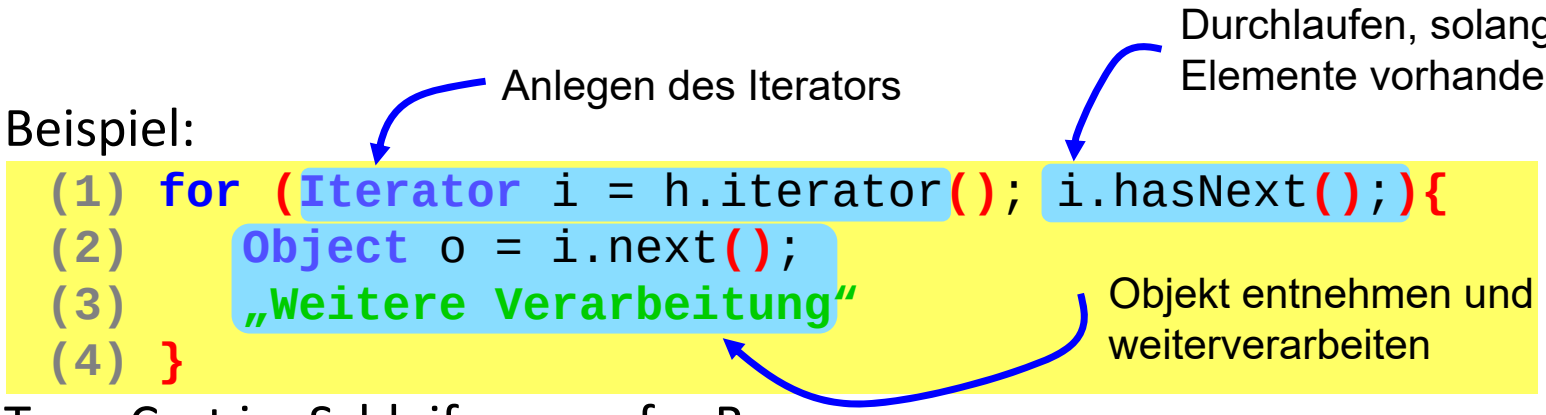
```
(1) // Ausgeben des Inhalts des HashSet
(2) for(Mitarbeiter mit:h){
(3)   mit.print();
(4) }
```

führt zum Ausgeben aller Elemente des HashSet h

Interface `Iterator` (III)

- Frühere Vorgehensweise (veraltet, kann aber in altem Code noch auftreten):
  - Anlegen des Iterators
  - Durchlaufen, solange noch Elemente vorhanden sind
  - Dabei Elemente bearbeiten

- Beispiel:



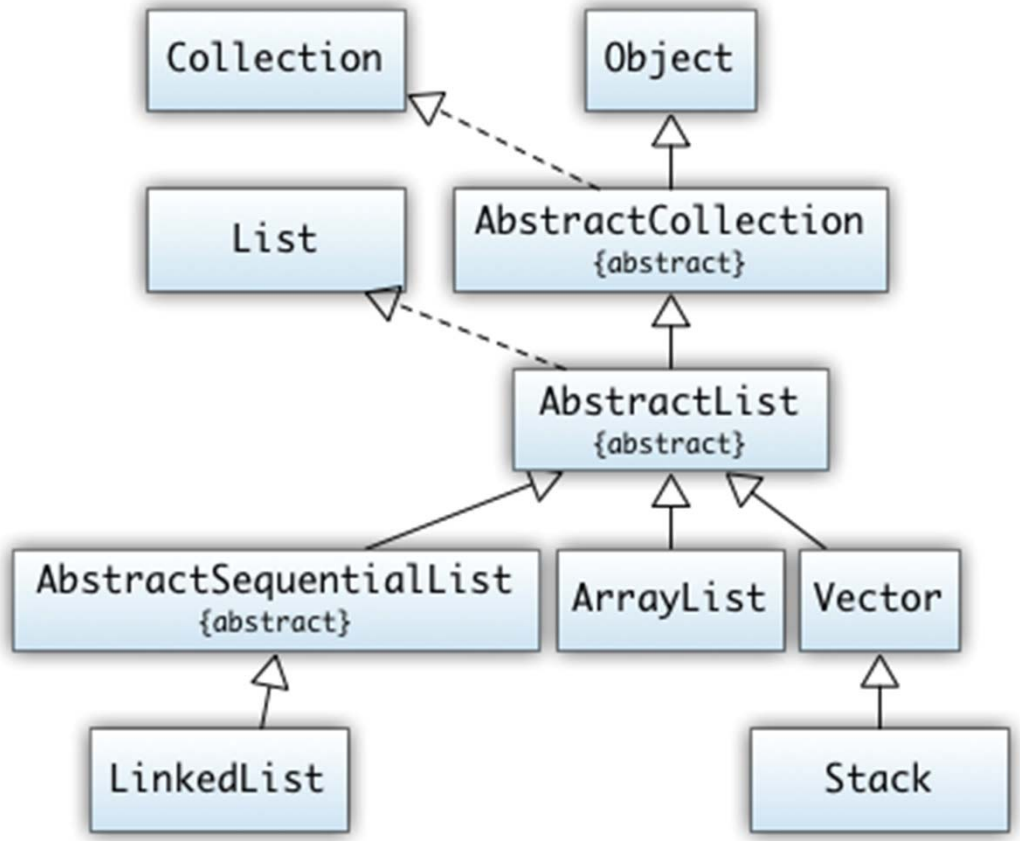
- Type-Cast im Schleifenrumpf, z.B.:

```
(1) Arbeiter o = (Arbeiter) h.get(i);
(2) o.print();
```

Gliederung

- Einführung
- Mengen
- Listen
- Wildcards
- Selbst entwickelte generische Klassen
- Wrapper

Übersicht



[http://www.scalingbits.com/java/javakurs2/programmieren2/collection/listen]

Interface `List<E>`

- Wichtige Methoden:

Name	Bedeutung
`public void add(int i, E e)`	Fügt Element e an Position i ein, Nachfolger werden verschoben
`public E get(int i)`	Zugriff auf Objekt an Position i
`public void set(int i, E e)`	schreibender Zugriff auf ein Objekt an Position i
`public List<E> sublist(int von, int bis)`	Liefert Teilliste im vorgegebenen Intervall
`public void remove(int i)`	Entfernen Objekt an Index i
`public int size()`	Liefert Anzahl Elemente des HashSet

- Weitere: https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/List.html

Klasse `ArrayList`

- Dynamisch veränderbares Feld
- Eigenschaften:
  - Nicht synchronisiert
  - Methoden mit konstantem Aufwand: size(), isEmpty(), get(), set(), iterator(), listIterator()
  - Methode add() im Durchschnitt mit konstanten Ausführungszeit
  - Alle anderen Methoden linearer Aufwand (mit niedrigem konstanten Faktor im Vergleich zur Klasse LinkedList)

Klasse `LinkedList`

- Implementierung doppelt verzeigerter Liste
- Gut geeignet, wenn oft Elemente eingefügt oder entnommen werden müssen
- Beim indexierten, wahlfreien Zugriff auf Objekt muss Liste traversiert werden
- Nicht synchronisiert

Klasse `Vector`

- Wie `ArrayList`
- Aber synchronisiert
- Dadurch geringere Performance

Gliederung

- Einführung
- Mengen
- Listen
- Wildcards
- Selbst entwickelte generische Klassen
- Wrapper

Motivation

- Bisher:
  - Anlegen von getypten Collections
  - Können auch Instanzen von Subklassen aufnehmen
  - z.B. kann `Vector<Mitarbeiter>` auch Arbeiter- oder Manager-Objekte aufnehmen
- Jedoch:
  - Bei Anlegen von `Vector<Mitarbeiter> v` und `Vector<Arbeiter> w` ist `w` nicht automatisch Unterobjekt von `v`
  - Manchmal jedoch hilfreich, um z.B. `w` an `v` zuzuweisen und Elemente von `w` als Mitarbeiter-Objekte zu nutzen
- Lösung: Wildcards `? extends` und `? super`

Wildcard ? extends

- Mit `Vector<? extends Mitarbeiter> vm = new Vector<Arbeiter>();` kann `vm` alle generischen `Vector`-Objekte referenzieren, die für Objekte einer Subklasse der Klasse `Mitarbeiter` angelegt wurden
- Damit: Elemente als `Mitarbeiter`-Objekte auslesen und nutzen
- Beispiel:

```
( 1) // Anlegen der Arbeiter-Objekte a,b,c wie vorher
( 2)     ...
( 3) // Anlegen eines Vector-Objektes
( 4) Vector<Arbeiter> va = new Vector<Arbeiter>();
( 5) // Einfügen der Objekte in den Vektor
( 6) va.add(a); va.add(b); va.add(c);
( 7) // Anlegen eines Vektors mit Wildcard
( 8) Vector<? extends Mitarbeiter> vm = va;
( 9) // Auslesen aller Objekte als Mitarbeiter-Objekte
(10) for (Mitarbeiter arb : vm){
(11)   arb.print();
(12) }
```

Hier wird Methode von Mitarbeiter aufgerufen

Hinzufügen bei Wildcards

- Zugriff über Wildcard-Referenzen funktioniert nur lesend
- D.h. Hinzufügen eines `Arbeiter`-Objektes zu `vm` führt zur Fehlermeldung:

```
(1) Arbeiter d = new Arbeiter();
(2) vm.add(d);
```

- Ist dies gefordert, so ist folgender Umweg notwendig:

```
(1) // Kopieren und Casten des Vektors in Vektor
(2) // des konkreteren Typs
(3) Vector<Arbeiter> va_hilf = (Vector<Arbeiter>) vm;
(4) // Hinzufügen des neuen Elements zu diesem Vektor
(5) va_hilf.add(d);
(6) // Zurückkopieren des Vektors
(7) vm = va_hilf;
```

Wildcard ? super

- Analog: Einschränkung Wildcards mit ? `super` auch in andere Richtung der Vererbungshierarchie
- Beispiel:

```
Vector<? super Arbeiter> va = new Vector<Mitarbeiter>();
```

erlaubt für `va` jedes generische Container-Objekt mit Elementen des Typs `Arbeiter` oder einer Superklasse

Gliederung

- Einführung
- Mengen
- Listen
- Wildcards
- Selbst entwickelte generische Klassen
- Wrapper

Anforderungen

- Erstelle generische Klasse mit folgenden Eigenschaften:
  - Multimenge
  - FIFO-Prinzip (First In – First Out), Schlange, Queue
  - Methoden:
    - Einfügen eines Elements
    - Entnehmen eines Elements
    - Lesen des ältesten Elements ohne zu entnehmen
    - Zählen der Elemente

Implementierung (I)

```
( 1) public class MyQueue<T>{
( 2)
( 3)   private Object[] myArray;
( 4)   private int numberOfElements;
( 5)   private int maxSize;
( 6)
( 7)   public MyQueue(){
( 8)     this.numberOfElements = 0;
( 9)     this.maxSize = 100;
(10)     myArray = new Object[this.maxSize];
(11)   }
(12)
(13)   public void add(T t){
(14)     this.myArray[this.numberOfElements] = t;
(15)     this.numberOfElements++;
(16)   }
(17) ...
```

Implementierung (II)

```
...
(17)    public T get(){
(18)      T retValue = (T) this.myArray[0];
(19)      for (int i=0; i<this.numberOfElements; i++){
(20)        this.myArray[i] = this.myArray[i+1];
(21)      }
(22)      this.numberOfElements--;
(23)      return retValue;
(24)    }
(25)
(26)    public int size(){
(27)      return this.numberOfElements;
(28)    }
(29) }
```

Gliederung

- Einführung
- Mengen
- Listen
- Wildcards
- Selbst entwickelte generische Klassen
- Wrapper

Wrapper-Klassen (I)

- Zwei Arten von Variablen in Java:
  - Variable primitiven Typs (z.B. `int`, `long`, …)
  - Objekte
- Unterschiede:
  - Vergleichen (== vs. `equals()`)
  - Unterschiedliche Behandlung als Methodenparameter:
    - Variablen primitiven Typs als Wertparameter
    - Objekte als Referenzparameter
  - Aufnahme in Collection-Klassen nur von Objekten

Wrapper-Klassen (II)

- Wrapper-Klassen (Synonym: Ummantelungsklassen, Envelopes) := Verwandeln durch Kapselung Variablen primitiver Typen in Objekte
- Weitere Funktionalitäten:
  - Zugriff auf den Wert
  - Umwandlungsfunktionen
- In Java solche Klassen für alle primitiven Typen:
  - Haben jeweils Namen des Typs mit Großbuchstaben beginnend (z.B. Klasse `Boolean` für den Datentyp `boolean`)
  - Ausnahme: Klasse `Integer` für Datentyp `int`

Wrapper-Klassen (III)

- Beispiel:

```
(1) // Deklarieren und Initialisieren einer Integer-Variablen
(2) int i = 5;
(3) // Anlegen eines Integer-Objektes mit dieser Integer-Var.
(4) Integer j = new Integer(i);
(5) // Auslesen des Wertes aus dem Integer-Objekt in eine
(6) // Integer-Variable
(7) int k = j.intValue();
```

- Anmerkungen:
  - Wrapper-Objekte sind unveränderlich
  - Direktes Zuweisen zwischen Objekten und Wrapper-Klassen und Variablen, d.h.

    `Integer j = i` statt `Integer j = new Integer(i);`

    und

    `int k = j` statt `int k = j.intValue();`

    wird als Boxing bzw. Unboxing bezeichnet

Zusammenfassung (I)

- Einführung:
  - Motivation für Generics
  - Collection-Klassen

- Mengen:
  - Interfaces `Set<E>` und `SortedSet<E>`
  - Klassen `HashSet`, `TreeSet` und `EnumSet`
  - Interface `Iterator`

- Listen:
  - Interface `List<E>`
  - Klassen `ArrayList`, `LinkedList` und `Vector`

Zusammenfassung (II)

- Wildcards:
  - Motivation
  - ? extends
  - ? super
- Wrapper:
  - Motivation
  - Beispiel

Aufgaben (I)

- **Aufgabe 1**

  a) Realisieren einen `Integer`-Stapel. Dabei soll die Klasse `Stack` aber nicht verwendet werden, sondern eine dynamische Struktur wie in der Vorlesung „Algorithmen und Datensrukturen“ vorgestellt selbst realisiert werden.
  Schreiben Sie eine Klasse `IntegerStack`, die den Stapel mit den Methoden `public void push(int i)` und `public int pop()` zur Verfügung stellt.
  Schreiben Sie dann eine Klasse Anwendung, in der die Funktionalität Ihres Integer-Stapels anhand der im Skript vorgestellten Reihenfolge von Operationen demonstriert wird. (Algs & DS Folien 1-17)

  b) Realisieren Sie einen generischen Stapel und testen Sie auch diesen in einer Anwendung.

  c) Realisieren Sie jetzt die Klasse Anwendung unter Verwendung der Klasse `Stack` aus der Java-Klassenbibliothek.

Aufgaben (II)

- **Aufgabe 2**

  Ergänzen Sie das Beispiel der Schlange aus der Vorlesung, so dass sich die Feldgröße dynamisch anpasst! Dabei soll
  - bei einem Belegungsgrad von 80% die allokierte Feldgröße verdoppelt werden
  - bei einem Belegungsgrad von 20% die allokierte Feldgröße halbiert werden
  - die Feldgröße aber nie den Wert 20 unterschreiten

Aufgaben (III)

- **Aufgabe 3**

  Es soll die Einfügeperformance der beiden Klassen LinkedList und ArrayList verglichen werden.

  Entwickeln Sie dazu ein Programm, das 10.000, 20.000, 50.000, 100.000, 200.000, 500.000, 1.000.000, 2.000.000, 5.000.000, 10.000.000, 20.000.000 und 50.000.000 zufällig generierte Zeichenketten der Länge 10 bis 16 aufnimmt.

  Führen Sie jede Messung 10-mal durch und dokumentieren Sie die Werte! Berechnen Sie jeweils den Mittelwert!

  Hinweise:

  - Eine Zufallszahl zwischen 0 und 1 erzeugen Sie mit Math.random()
  - Verwenden Sie für die Zeitmessung folgenden Code:

Aufgaben (IV)

Hinweise:

- Eine Zufallszahl zwischen 0 und 1 erzeugen Sie mit `Math.random()`
- Verwenden Sie für die Zeitmessung folgenden Code:

```
long timeStart = System.currentTimeMillis();

<Code, dessen Ausführungszeit gemessen werden soll>

long timeEnd = System.currentTimeMillis();
long elapsedTime = timeEnd - timeStart;
```