Listen

Martin Wirsing

in Zusammenarbeit mit
Matthias Hölzl, Piotr Kosiuczenko, Dirk Pattinson

06/03

Ziele

- Standardimplementierungen für Listen kennenlernen
- Listeniteratoren verstehen

Die Rechenstruktur der Listen

- Eine **Liste** ist eine **endliche Sequenz von Elementen**, deren Länge (im Gegensatz zu Reihungen) durch Hinzufügen und Wegnehmen von Elementen geändert werden kann.
- **Standardoperationen für Listen** sind:
  - Löschen aller Elemente der Liste
  - Zugriff auf und Änderung des ersten Elements
  - Einfügen und Löschen des ersten Elements
  - Prüfen auf leere Liste, Suche nach einem Element
  - Berechnen der Länge der Liste, Revertieren der Liste
  - Listendurchlauf
- Die **Javabibliothek** bietet Standardschnittstellen und -Klassen für Listen an:
  interface List, class LinkedList, ArrayList
  die weitere Operationen enthalten, insbesondere den direkten Zugriff auf Elemente durch Indizes wie bei Reihungen
  → ! Problematisch: Führt zur Vermischung von Reihung und Liste

Eine Schnittstelle für Listen I

```
public interface AbstractObjectList extends Cloneable
{/** Removes all of the elements from this list. */
  void clear();
  /** Returns the first element of the list. */
  Object getFirst() throws NoSuchElementException;
  /** Sets the first element of the list to a new value. */
  void setFirst(Object o) throws NoSuchElementException;
  /** Inserts the given Element at the beginning of this list. */
  void addFirst(Object o);
 /** Removes and returns the first element from this list. */
  Object removeFirst() throws NoSuchElementException;
```

Nötig, um clone() implementieren zu können

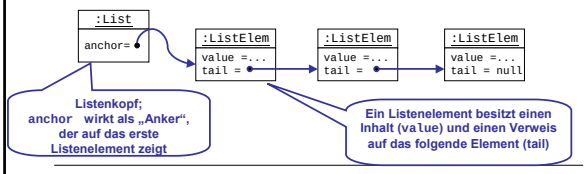
Ausnahme, wenn Liste leer

Eine Schnittstelle für Listen II

```
/** Returns true if the list contains no elements. */
  boolean isEmpty();
/** Returns true if this list contains the specified element. */
  boolean contains(Object o);
/** Returns the number of elements in this list. */
  int size();
  /** Destructively reverses the list. */
  void reverse();
   ... <<Weitere Operationen wie etwa clone, iterate siehe später>>
}
```

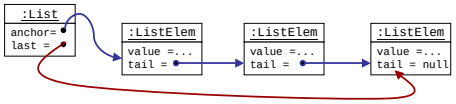

Listenimplementierung: Einfach verkettete Listen

- Eine einfach verkettete Liste ist eine Sequenz von Objekten, wobei jedes Element auf seinen Nachfolger in der Liste zeigt.
- Unterschiedliche Implementierungen:
  1. Realisierung des Anfügens vorne in konstanter Zeit:

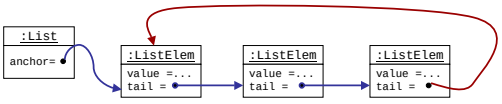


Einfach verkettete Listen

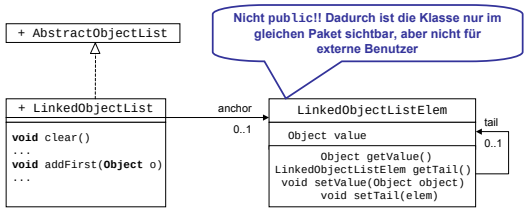
2. Realisierung des Anfügens vorne und hinten in konstanter Zeit:



3. Zirkuläre Liste:



Einfach verkettete Listen: UML-Entwurf



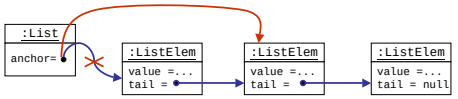
Einfach verkettete Listen in Java

```
public class LinkedObjectList implements AbstractObjectList
{ private LinkedObjectListElem anchor;
  ...
}
class LinkedObjectListElem
{ private Object value;
  private LinkedObjectListElem tail;
 LinkedObjectListElem getTail() { return tail; }
 void setTail(LinkedObjectListElem elem) { tail = elem;}
 ...
}
```

Nicht public!! Dadurch ist die Klasse nur im gleichen Paket sichtbar, aber nicht für externe Benutzer

Ersetzt das nächste Listenelement durch elem und ändert dadurch den Rest der Liste (nicht für externe Benutzer!)

Entfernen des ersten Elements

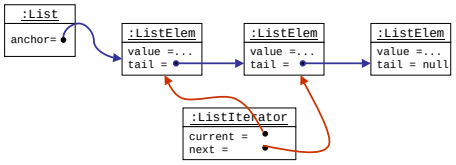



```
public Object removeFirst() throws NoSuchElementException
{       if (anchor == null)
        {       throw new NoSuchElementException();
        }
        else
        {       Object result = anchor.getValue();
                anchor = anchor.getTail();
                return result;
        }
}
```

Ausnahme, wenn Liste leer

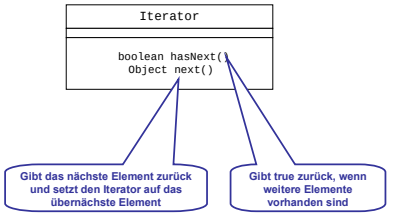
Gibt das „alte“ erste Elem zurück

Listendurchlauf mit Listeniterator

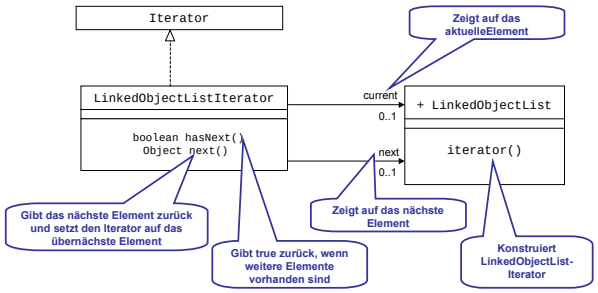


- Ein Listeniterator ermöglicht den Zugriff auf die Elemente einer verketteten Liste
- Ein Listeniterator schützt die Liste während des Zugriffs vor (unkontrollierten) Änderungen
- Ein Listeniterator kapselt eine Position in der Liste

Schnittstelle Iterator in UML



Listeniterator in UML



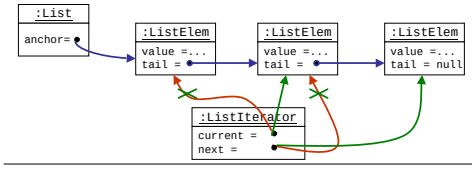
Listeniterator in Java

```
class LinkedObjectListIterator implements Iterator
{ protected LinkedObjectListElem currentElem;
  protected LinkedObjectListElem nextElem;

  LinkedObjectListIterator(LinkedObjectListElem elem)
  {     nextElem = elem;
  }

  public boolean hasNext()
  { return nextElem != null;
  }

  ...
}
```


Weiterschalten des Listeniterators in Java

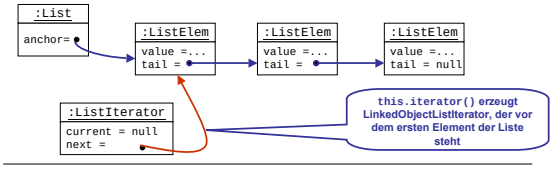
```
public Object next() throws NoSuchElementException
{     if (nextElem == null)
      {       throw new NoSuchElementException();
      }
      currentElem = nextElem;
      nextElem = nextElem.getTail();
      return currentElem.getValue();
}
}
```

Schaltet den Iterator weiter und gibt den **value** eines LinkedListObjectElem zurück!



Konstruktion eines Listeniterators in Java

```
class LinkedObjectList
{ private LinkedObjectListElem anchor;
  ...

  public Iterator iterator() {
  {     return new LinkedObjectListIterator(this.anchor);
  }
}
```



Listendurchlauf mit Iteratoren

Schema:

```
Iterator iter = iterator();
while (iter.hasNext())
{       << mache etwas>>
        iter.next();
}
```

erzeuge Iterator

Solange ein nächstes Element existiert

Schalte zum nächsten Element weiter

Beispiele für Listeniteration: Länge der Liste

```
public int size()
{       int result = 0;
        Iterator iter = iterator();
        while(iter.hasNext())
        {       result++;
                iter.next();
        }
        return result;
}
```

erzeuge Iterator

Solange ein nächstes Element existiert

Schalte zum nächsten Element weiter

Beispiele für Listeniteration: Suche in der Liste

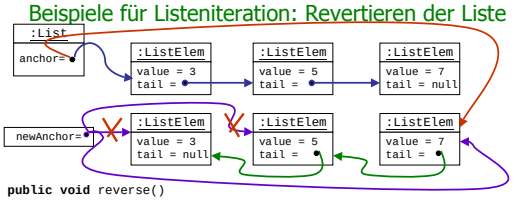
```
public boolean contains(Object o)
{       Iterator iter = iterator();
        while (iter.hasNext())
        {       if (iter.next().equals(o))
                        return true;
        }
        return false;
}
```

erzeuge Iterator

Solange ein nächstes Element existiert

Prüft aktuelles Element auf Gleichheit und schaltet zum nächsten Element weiter

Beispiele für Listeniteration: Revertieren der Liste




```
public void reverse()
{       LinkedObjectListElem newAnchor = null;
        Iterator iter = iterator();
        while(iter.hasNext())
        {       newAnchor =
                new LinkedObjectListElem(iter.next(),newAnchor);
        }
        anchor = newAnchor;
}
```

erzeugt neues Listenelement mit umgedrehtem Verweis

Beispiele für Listeniteration: Listenvergleich

- Die Listenvergleichsoperation

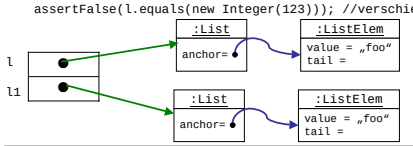
  `public boolean equals(Object o)`

  prüft, ob zwei Listenobjekte die gleiche Länge haben und ihre Elemente jeweils den gleichen Wert (`value`) besitzen.
- Sind die Längen unterschiedlich oder sind die Listenelemente nicht alle „equals“ zueinander, so ist das Ergebnis `false`.
- Das Ergebnis ist auch `false`, wenn `o` nicht vom Typ `LinkedObjectList` ist.

Beispiele für Listeniteration: Listenvergleich

Beispiel: Folgendes sollte beim Testen für `l = new LinkedObjectList("foo")` gelten:

```
assertTrue(l.equals(l));      //l ist mit sich selbst gleich
assertFalse(l.equals("foo"));                //falscher Typ
LinkedObjectList l1 = new LinkedObjectList("foo");
assertTrue(l.equals(l1));     //l, l1 haben das gleiche Element
l1.addFirst("baz");
assertFalse(l.equals(l1));                   //falsche Laenge
assertFalse(l.equals(new Integer(123))); //verschiedenes Element
```



Beispiele für Listeniteration: Listenvergleich

```
public boolean equals(Object o)
{     try
      {       Iterator iter1 = iterator();
              Iterator iter2 = ((LinkedObjectList)o).iterator();
              while (iter1.hasNext() && iter2.hasNext())
              {       if (!iter1.next().equals(iter2.next()))
                              return false;
              }
              if (iter1.hasNext() != iter2.hasNext())
                      return false;
              else
                      return true;
      }
      catch(Exception e)
      {       return false;
      }
}
```

Erzeuge 2 Iteratoren

Vergleiche u. schalte weiter, solange beide noch ein nächstes Elment haben

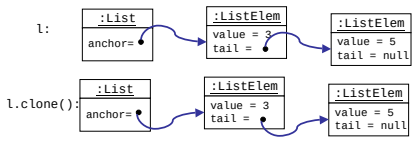
false, falls o kein Listenobjekt

Kopieren einer Liste

Die Listenoperation

`public Object clone ()`

erzeugt eine Kopie der aktuellen Liste und redefiniert damit die `clone`-Operation von **`Object`**. Im Gegensatz zu `clone` aus `Object` erzeugt sie eine „tiefe“ Kopie, die sowohl den Kopf der Liste als auch die Listenelemente kopiert.



Kopieren einer Liste: Implementierng

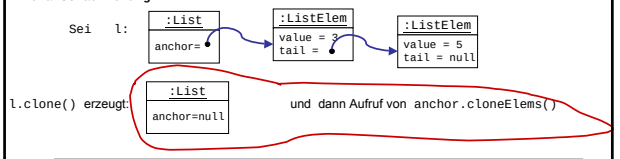
Um eine Liste zu kopieren, definiert man eine Kopieroperation `clone()` auf `LinkedObjectList`, die eine Listeninstanz erzeugt und eine Operation `cloneElems()` zum Kopieren der Listenelemente aufruft.

Kopieren von Listen in Java

```
public Object clone ()
{     if (anchor == null)
            return new LinkedObjectList();
      else
            return new LinkedObjectList(anchor.cloneElems());
}
```

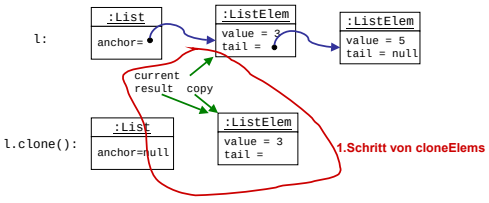
Erzeugt neue Instanz von List

Veranschaulichung:



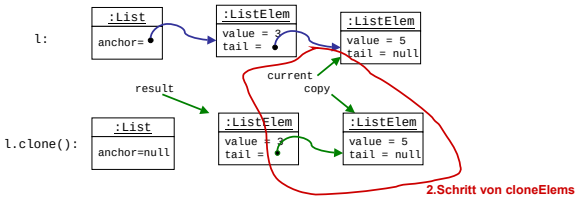
Veranschaulichung von cloneElems I

`anchor.cloneElems()` durchläuft mit der Variable `current` die Listenelemente von `l`, kopiert diese, und speichert das erste kopierte Element in der Variable `result`. Diese Referenz dient als `anchor` für die von `l.clone()` erzeugte Kopie.



Veranschaulichung von cloneElems II

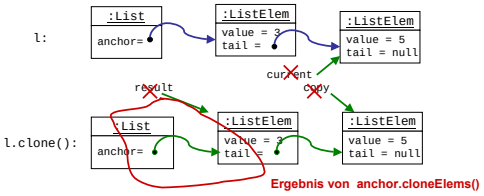
`anchor.cloneElems()` durchläuft mit der Variable `current` die Listenelemente von `l`, kopiert diese, und speichert das erste kopierte Element in der Variable `result`. Diese Referenz dient als `anchor` für die von `l.clone()` erzeugte Kopie.



Veranschaulichung von cloneElems III

Zum Schluss wird `result` als Wert zurückgegeben und dient damit als `anchor` für die von `l.clone()` erzeugte Kopie.

(Die lokalen Variablen `current, copy, result` werden am Ende der Ausführung von `cloneElems` gelöscht.)



Ergebnis von anchor.cloneElems()

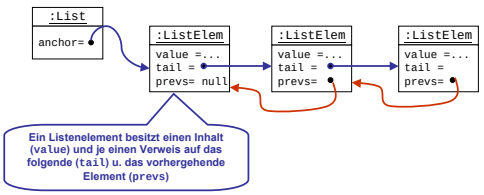
Kopieren von Listen in Java

Kopiert alle Listenelemente

```
LinkedObjectListElem cloneElems()
{     LinkedObjectListElem current = this;
      LinkedObjectListElem result = new LinkedObjectListElem(value);
      LinkedObjectListElem copy = result;

      while (current.tail != null)
      {       copy.tail = new LinkedObjectListElem(current.tail.value);
              current = current.tail;
              copy = copy.tail;
      }
      return result;
}
```


Verfeinerung: Doppelt verkettete Listen

- Doppelt verkettete Listen können auch von rechts nach links durchlaufen werden.

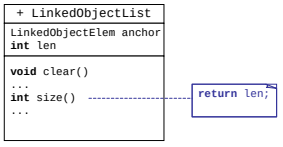


Ein Listenelement besitzt einen Inhalt (`value`) und je einen Verweis auf das folgende (`tail`) u. das vorhergehende Element (`prevs`)

- Die Standardlistenklasse von Java ist doppelt verkettet implementiert.

Verfeinerung: Zeiteffiziente einfach verkettete Listen

- Durch Hinzufügen eines Attributs für die Länge der Liste erhält die Abfrage nach der Größe der Liste konstante Zeitkomplexität:



Zusammenfassung

- Listen werden in Java als einfach oder doppelt verkettete oder auch als zirkuläre und Ringlisten realisiert. Zur Implementierung definiert man eine Klasse `LinkedList`, mittels eines Ankers (`anchor`) auf Objekte der Klasse `ListElem` zeigt. Diese sind über die `tail`- und `prevs`-Zeiger miteinander verknüpft.
- Der Listendurchlauf wird mit Hilfe der Klasse `ListIterator` realisiert. Iteratorobjekte wandern sequenziell durch die Liste.