7. Verkettete Strukturen: Listen

Java-Beispiele:

IntList.java
List.java
Stack1.java

Schwerpunkte

- Vergleich:
  Arrays – verkettete Listen
- Listenarten
- Implementation:
  - Pascal (C, C++): über Datenstrukturen
    → Records (Structs) + Pointertyp
  - Java: über Klassen + Objektreferenzen
- Gängige Funktionen für Listen:
  length, nthElement, addToEnd, ...
- Noch einmal 'Stack':
  diesmal unbeschränkt
- Lokale Klassen

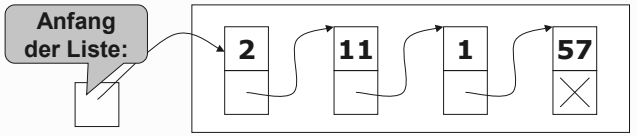
Verkettete Listen:

Überblick und Grundprinzip

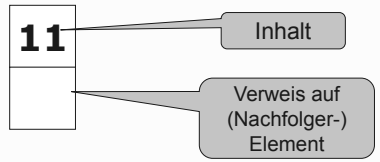
Verkettete Listen

Verkettete Liste:
Folge von Elementen, die miteinander über Verweise (Zeiger) verkettet sind

Beispiel: einfach verkettete Liste



Element (Zelle):



Verkettete Listen: Aufgabe

Grundaufgabe vieler Programme:

Information abspeichern und wiederfinden

Darstellung: Array, Liste, Baum ...

Arrays: `int[] a = new int[n];`

Anzahl der Elemente n muss erst zur Laufzeit festgelegt werden.

Aber: einmal festgelegte Größe n kann nicht mehr verändert werden.

Probleme mit Arrays:

→ n zu groß: Platz verschwendet
→ n zu klein: u. U. Laufzeitprobleme (Überlauf)

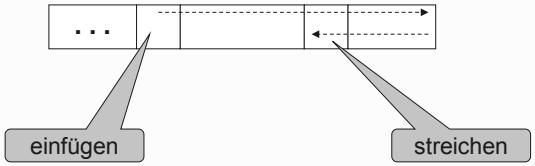
Beispiele:
- Compiler: Anzahl der Bezeichner eines Programms?
- Unterschiedliche Wörter in Goethe, 'Faust I'?
  (Aufgabe: Wie häufig kommen einzelne Wörter vor?)

Verkettete Listen: Vorzüge

Verkettete Liste: sehr flexible Datenstruktur

- Beliebige Anzahl von Elementen
  (keine Größenbeschränkung)
- Einfügen, Streichen von Elementen effizient

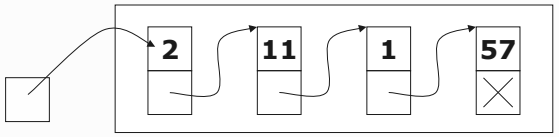
Array:



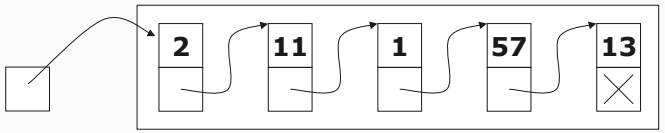
Viele Bewegungen von Elementen

Verkettete Liste: Operationen

Beispiel: einfach verkettete Liste

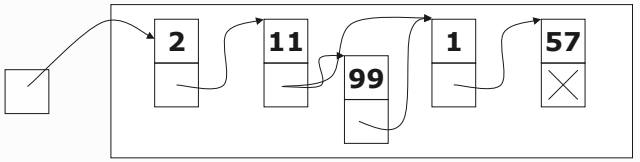


Neues Element anhängen:
- Speicherplatz für neue Zelle anfordern (dynamisch zur Laufzeit)
- Verweis auf diese Zelle einrichten → keine Längenbeschränkung



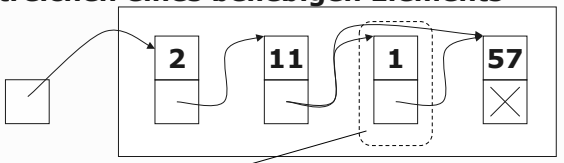
Liste: weitere Operationen

- **Einfügen eines neuen Elements an beliebiger Stelle**



(kein Verschieben von Daten)

- **Streichen eines beliebigen Elements**



- Nur logisch gestrichen
- Physisch noch im Speicher:
  Garbage Collector (Java System) gibt Speicher zurück

Garbage Collector (Müllsammler)

**Automatische Freigabe von nicht mehr benötigtem Speicherplatz *)
durch das Java-Laufzeitsystem**

*) Speicherplätze, die nicht über Variablen des Programms (direkt oder über Verweislisten) erreichbar sind

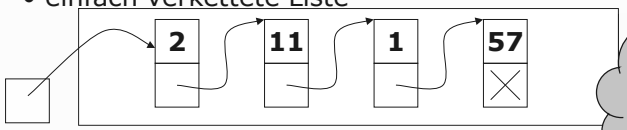
→ Java: Programmierer muss sich in Java nicht um Freigabe kümmern
(Teil der JVM realisiert das: Garbage Collector)

- anders als in C++, Pascal, Modula-2
(dort: explizite Anweisungen zur Freigabe von Speicherplatz im Programm)

- Technik stammt von funktionalen Sprachen: Lisp

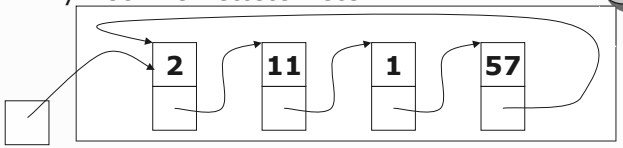
Listenarten

- einfach verkettete Liste

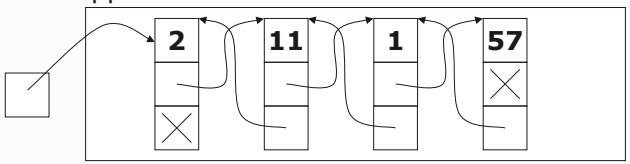


Wovon hängt die konkrete Auswahl ab ?

- zyklisch verkettete Liste



- doppelt verkettete Liste



- zyklisch doppelt verkettete Liste: analog

Implementation verketteter Listen

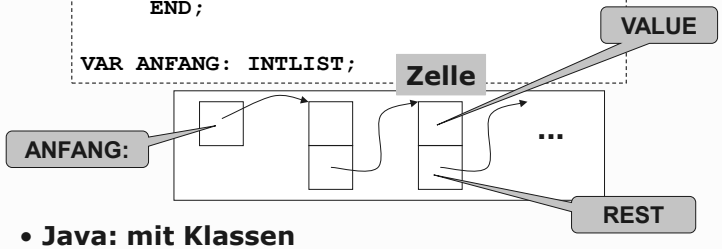
IntList.java
List.java

Implementation

(von nun an: nur einfach verkettete lineare Liste)

- **Pascal (C, C++): mit Datenstrukturen**
Record (Struct) + Pointertyp

```
TYPE INTLIST = @ ZELLE;
   ZELLE =
     RECORD
       VALUE: INTEGER;
       REST:  INTLIST
     END;

VAR ANFANG: INTLIST;
```



- **Java: mit Klassen**
Java hat weder Records noch Pointer

Implementation in Java

IntList.java

```
class IntList   {

    private int value ;
    private IntList rest ;

    public IntList (int v, IntList next) {
        value = v;
        rest = next;
    }
    public int getValue () { return value; }

    public void setValue (int val) {
        value = val;
    }

    public IntList getRest () {
        return rest;
    }
    ...
}
```

Rekursive Definition:
Typ der Variablen = definierte Klasse

Wie Pascal-Record (eine Zelle)

Erzeugung einer Liste

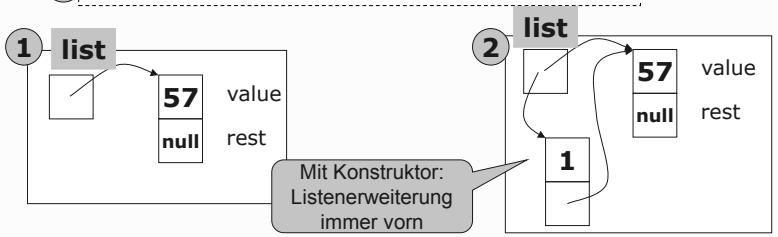
List.java
IntList.java

```
class IntList   {
   private int value ;
   private IntList rest ;
   public IntList (int v, IntList next) {
        value = v;
        rest = next;
   } ...
```

null Objekt: leerer Verweis

in: List.java:

```
1 IntList list = new IntList(57, null);

2 list = new IntList(1, list);
```

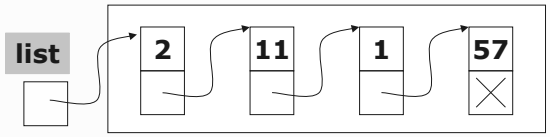


Mit Konstruktor: Listenerweiterung immer vorn

Erzeugung und Ausgabe einer Liste

List.java
IntList.java

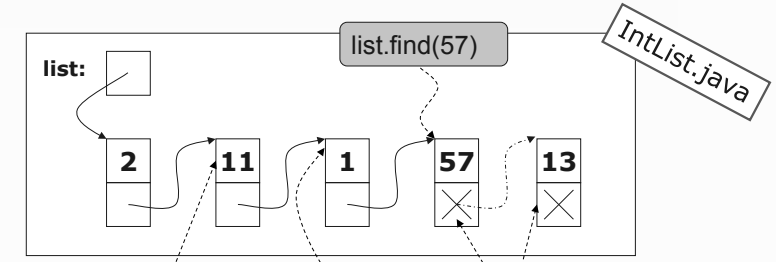
```
class List {
  public static void main (String[] args) {
    IntList list = new IntList(57, null);
    list = new IntList(1, list);
    list = new IntList(11, list);
    list = new IntList(2, list);

    IntList temp;
    for (temp = list;temp != null; temp = temp.getRest())
      System.out.println(temp.getValue() + ", ");
    System.out.println();

    System.out.println(list.toString());
  }
}
```




```
% java List

2,
11,
1,
57,

2, 11, 1, 57
```


Listenfunktionen: Überblick

IntList.java



list.removeM(11)

list.addToEndM(13)

list.nth(2)

list.length() → 4

list.toString() → 2, 11, 1, 57, 13

list.addInorderM(12) → nur für sortierte Listen

"M" im Methodennamen: Liste wird modifiziert

Implementation von Listenfunktionen

Listen als Datenstrukturen betrachtet als …

- Rekursive Datenstruktur
  (Liste = Listenkopf gefolgt von Restliste)
  → rekursiver Algorithmus natürlich
- Iterative Datenstruktur
  (Liste = Folge von Elementen)
  → iterativer Algorithmus natürlich

Aufgabe: iterative Implementation selbst

VL

Wichtige Funktionen für Listen (1)

IntList.java

```
class IntList   {
   private int value ;
   private IntList rest ;
   public IntList (int v, IntList next)…

   public int length () …
}
```

- **Länge der Liste**

```
public int length ()   {
    if (rest == null)
      return 1;
    else
      return 1 + rest.length();
 }
```


Wichtige Funktionen für Listen (2)

IntList.java

- **Finde (Verweis auf) Zelle mit Inhalt 'key'**

```
public IntList find (int key)   {
   if (value == key)
      return this;
   else if (rest == null)
      return null;
   else
      return rest.find(key);
}
```

Aktuelles Objekt: Verweis auf aktuelle Zelle

Nicht gefunden

Suche weiter

Binäre Suche nicht möglich
→ O(n) = ½ n

Schwachstellen von Listen:
* Speicherbedarf
* Suchzeiten

Wichtige Funktionen für Listen (3)

- **Finde Verweis auf die n-te Zelle**

IntList.java

```
public IntList nth (int n)   {
   if (n == 0)
     return this;
   else if (rest == null)
     return null;
   else
     return rest.nth(n-1);
}
```

Wichtige Funktionen für Listen (4)

- **Neue Zelle an das Ende der Liste anhängen**

IntList.java

```
public void addToEndM (int val)    {
    if (rest != null)
        // a cell in the middle
      rest.addToEndM(val);
    else // the last cell
      rest = new IntList(val, null);
}
```

Verkettung der Liste am Ende mit neuer Zelle

Wichtige Funktionen für Listen (5)

- **Füge Element entsprechend der Größe in eine (aufsteigend) sortierte Liste ein**
  - → Aufbau sortierter Listen: nur mit **`addInOrderM()`**

IntList.java

```
public IntList addInorderM (int n)    {
    if (n < value)
        return new IntList (n, this);
    else    if (n == value)
        return this;
    else    if (rest == null)    {
        rest = new IntList (n, null);
        return this;
    }
    else    {
        rest = rest.addInorderM(n);
        return this;
    }
}
```

n kleinste Zahl: vorn einfügen

n bereits vorhanden: nicht einfügen

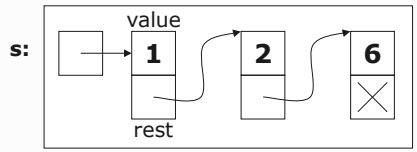
n größte Zahl: hinten anfügen

sonst: rekursiv in der Mitte einfügen

Nacharbeiten der Listen-Implementation

- **Durcharbeiten:**
  - `IntList.java`
  - `List.java`
- **Verstehen:**
  - `Bilder malen`

```
s.addInorderM (20);
```



(3. Fall: neue größte Zahl)

- **Aufgabe:**
  - `Iterative Lösung selbst implementieren`

Stack beliebiger Größe

Stack1.java

Lokale Klassen

Noch einmal 'Stack': diesmal unbeschränkt

Stack1.java

```
class Stack1   {

   private class Zelle   {
       Object inhalt;       // Inhalt
       Zelle next;          // Verweis
   }

   // Verweis auf oberste Zelle
   private Zelle top;

   public Stack1()   {
       top = null;
   }
   public boolean isempty()   {
       return top == null;
   }
  ...
}
```

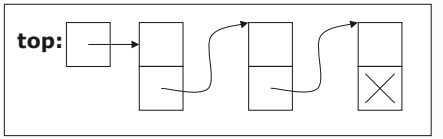
Lokale Klasse (Datensammlung)

Klasse 'Stack': Daten durch Variable 'top' repräsentiert

```
class Stack   {

   private class Zelle   {
       Object inhalt;       // Inhalt
       Zelle next;          // Verweis
   }

   // Verweis auf oberste Zelle
   private Zelle top;

   ...
}
```

lokale Klasse

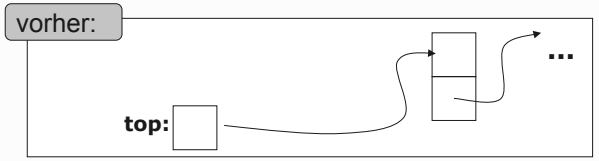
Daten des Stack, Beginn der Liste



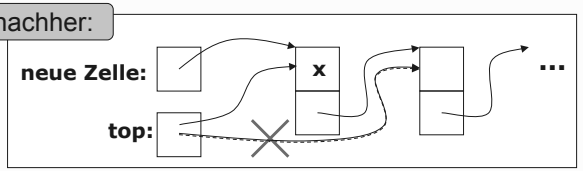
'push': Liste vorn verlängern

```
public void push (Object x)   {
   Zelle neueZelle = new Zelle();
   neueZelle.inhalt = x;
   neueZelle.next   = top;
   top              = neueZelle;
}
```

vorher:



nachher:

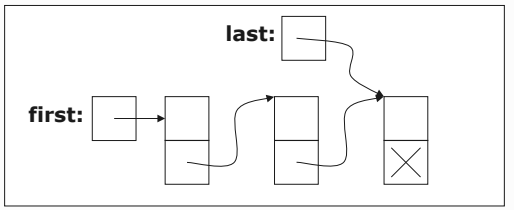


Klasse 'Queue' (Warteschlange):

Prinzip: vorn lesen, hinten anhängen: FIFO

```
class Queue   {

   private class Zelle   {
       Object inhalt; //Inhalt
       Zelle next;    //Verweis
   }

   // 2 Verweise: erste / letzte Zelle

   private Zelle first, last;
```

Idee?

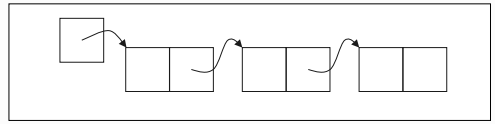


FIFO: First in, First out (Queue)
LIFO: Last in, First out (Stack)

Wo einfügen?
Wo streichen?

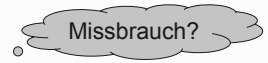
Bewertung: Verkettung in Java

- **Verkettete Strukturen:**
  - Angelegenheit der Datenstrukturierung



- **Pascal, C, C++ u.v.a.:** mit Datenstrukturen
  - Record-Typ + Pointer Typ

- **Java**
  - Vermischung von Objektorientierung und Datenstrukturierung:
  - Objekterzeugung zur Pointergenerierung genutzt



  - Klasse: Realisierung ADT
  - Grund: kein anderer Weg, da Portabilität oberstes Ziel von Java (Pointer: problematisch für Portabilität - Adressverwaltung)