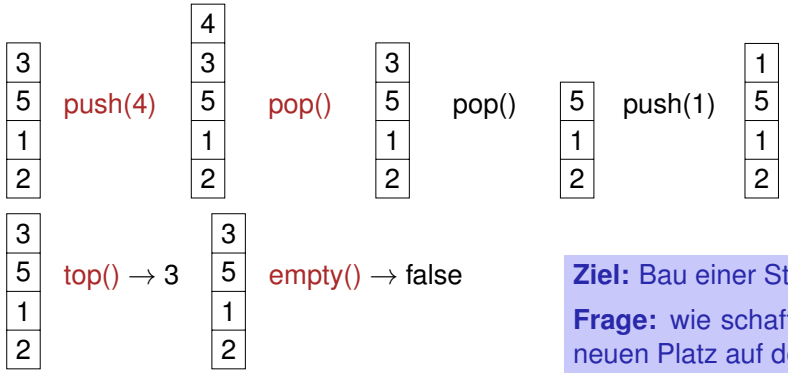
13. Dynamische Datenstrukturen

Verkettete Listen, Abstrakte Datentypen Stapel, Warteschlange , Sortierte Liste

Motivation: Stapel

Motivation: Stapel (`push, pop, top, empty`)



Ziel: Bau einer Stapel-Klasse!

Frage: wie schaffen wir bei push neuen Platz auf dem Stapel?

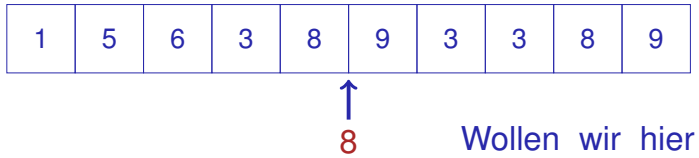
Wir brauchen einen neuen Container!

Container bisher: Array (`T[]`)

- Zusammenhängender Speicherbereich, wahlfreier Zugriff (auf i-tes Element)
- Simulation eines Stapels durch ein Array?
- Nein, irgendwann ist das Array “voll.”

Arrays können wirklich nicht alles...

- Einfügen oder Löschen von Elementen „in der Mitte” ist aufwändig.



Wollen wir hier einfügen, müssen wir alles rechts davon verschieben (falls da überhaupt noch Platz ist!)

Arrays können wirklich nicht alles...

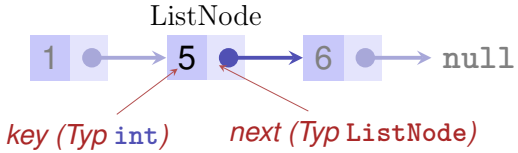
- Einfügen oder Löschen von Elementen „in der Mitte” ist aufwändig.

Wollen wir hier löschen, müssen wir alles rechts davon verschieben

Der neue Container: Verkettete Liste

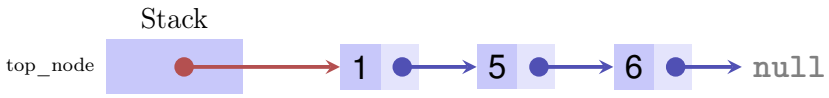
- *Kein* zusammenhängender Speicherbereich und *kein* wahlfreier Zugriff
- Jedes Element “kennt” seinen Nachfolger
- Einfügen und Löschen beliebiger Elemente ist einfach, *auch am Anfang der Liste*
- ⇒ Ein Stapel kann als verkettete Liste realisiert werden

Verkettete Liste: Zoom




```
class ListNode {
  int key;
  ListNode next;

  ListNode (int key, ListNode next){
    this.key = key;
    this.next = next;
  }
}
```

Stapel = Referenz aufs oberste Element



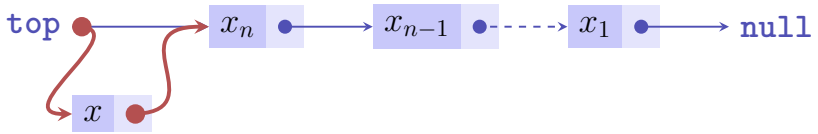

```
public class Stack {
    private ListNode top_node;

    public void push (int value) {...}
};
```


Abstrakte Datentypen

Ein *Stack* ist ein abstrakter Datentyp (ADT) mit Operationen

- `push`(x, S): Legt Element x auf den Stapel S.
- `pop`(S): Entfernt und liefert oberstes Element von S, oder `null` (oder Fehlermeldung).
- `top`(S): Liefert oberstes Element von S, oder `null` (oder Fehlermeldung).
- `empty`(S): Liefert `true` wenn Stack leer, sonst `false`.
- `emptyStack`$()$: Liefert einen leeren Stack.

Implementation Push

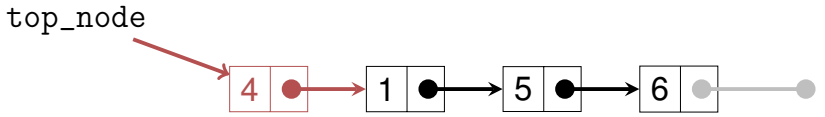


`push`(x, S):

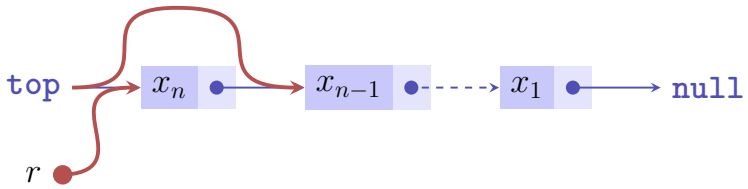
1. Erzeuge neues Listenelement mit x und Referenz auf den Wert von `top`.
2. Setze `top` auf den Knotem mit x.

Implementation Push in Java

```
class Stack{
ListNode top_node;
  void push (int value){
    top_node = new ListNode (value, top_node);
  }
}

push(4);
```



Implementation Pop

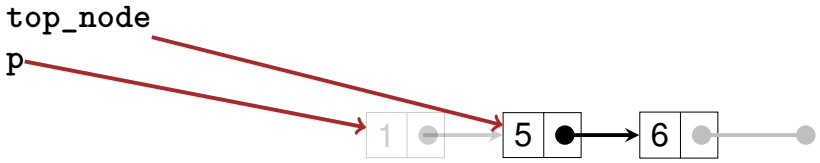


`pop`(S):

1. Ist `top`=`null`, dann gib `null` zurück (oder Fehlermeldung).
2. Andernfalls merke Referenz p von `top` in r.
3. Setze `top` auf $p.next$ und gib r zurück

Implementation Pop in Java

```
int pop()
{
    assert (!empty());
    ListNode p = top_node;
    top_node = top_node.next;
    return p.key;
}
```



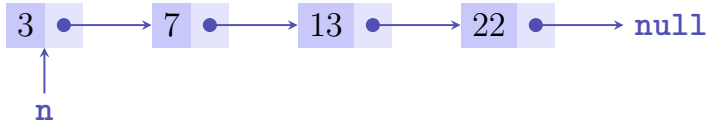
Sortierte Verkettete Liste

Erwünschte Funktionalität:

- (Sortierte) Ausgabe
- Hinzufügen eines Wertes
- (Suchen eines Wertes)
- Entfernen eines Wertes

ListNode

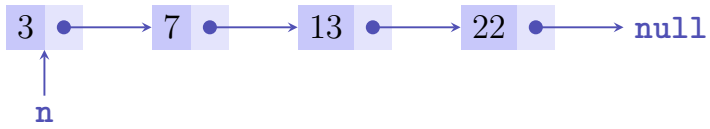
```
class ListNode{
  int key;
  ListNode next;

  ListNode (int k, ListNode n){
    key = k;
    next = n;
  }
}
```



ListNode mit Getter/Setter Methoden

```
public class ListNode{
    private ListNode next;
    private int key;

    ListNode (int k, ListNode nxt){
        key = k; next = nxt;
    }

    public void setNext(ListNode next){
        this.next = next;
    }

    public ListNode getNext(){
        return next;
    }

    public int getKey(){
        return key;
    }
}
```


Invarianten!



Für eine Referenz `n` auf einen Knoten in einer sortierten Liste gilt

- entweder $n = \texttt{null}$,
- oder $n.\texttt{next} = \texttt{null}$
- oder $n.\texttt{next} \neq \texttt{null}$ und $n.\texttt{key} \leq n.\texttt{next.key}$.

Da wollen wir hin

```
public class SortedList{
  ListNode head = null;

  // insert value in a sorted way
  public void insert(int value){ ...
  }

  // remove value if in list, return if value was found in list
  public boolean remove(int value){ ...
  }

  // output list values element by element
  public void output(){ ...
  }
}
```


Ausgabe

```
// output list values element by element, starting from head
public void output(){
  ListNode n = head;
  while (n != null){
    Out.print(n.getKey() + " ");
    n = n.getNext();
  }
  Out.println();
}
```

Invarianten: Einfügen von x

(a) Liste ist leer oder
(b) $x \leq n.value$ für alle Knoten n
(c) $x > n.value$ für alle Knoten n
(d) Es gibt einen Knoten n mit Nachfolger m so dass $x > n.value$ und $x \leq m.value$

Entwicklung des folgenden Codes live in der Vorlesung

Einfügen

```
// insert value in a sorted way (sorted increasingly by value)
public void insert(int value){
  if (head == null || value <= head.getKey()){ // (a) or (b)
    head = new ListNode(value, head);
  }
  else { // (c), (d)
    ListNode n = head;
    ListNode prev = null;
    while (n != null && value > n.getKey()){
      prev = n;
      n = n.getNext();
    }
    prev.setNext(new ListNode(value, n));
  }
}
```


Zusammenfassen

```
// insert value in a sorted way (sorted increasingly by value)
public void insert(int value){
  ListNode n = head;
  ListNode prev = null;
  while (n != null && value > n.getKey()){
    prev = n;
    n = n.getNext();
  }
  if (prev == null){
    head = new ListNode(value, n);
  } else {
    prev.setNext(new ListNode(value,n));
  }
}
```


Invarianten: Löschen von x

(a) x ist nicht enthalten
(b) x ist das erste Element (head)
(c) x hat einen Vorgänger

Löschen

```
public boolean remove(int value){
  ListNode n = head;
  ListNode prev = null;
  while (n != null && value != n.getKey()) {
    prev = n; n = n.getNext();
  }
  if (n == null) { // (a)
    return false; }
  if (prev == null){ // (b)
    head = head.getNext();
  } else { // (c)
    prev.setNext(n.getNext());
  }
  return true;
}
```


Queue (Schlange / Warteschlange / FIFO)

Queue ist ein ADT mit folgenden Operationen:

- `enqueue`(x, Q): fügt x am Ende der Schlange an.
- `dequeue`(Q): entfernt x vom Beginn der Schlange und gibt x zurück (`null` (oder Fehlermeldung) sonst.)
- `empty`(Q): liefert `true` wenn Queue leer, sonst `false`.