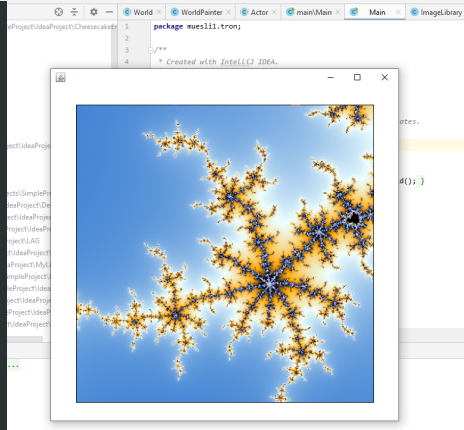


FOP Recap #11



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Verzeigte Strukturen





Willkommen zurück!

Das steht heute auf dem Plan



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Wiederholung: List
Arrays vs Listen

Verzeigerte Daten-Strukturen



```
1 ArrayList<String> myList1 = new ArrayList<String>();  
2 // Diamond Operator: String wird impliziert:  
3 ArrayList<String> myList2 = new ArrayList<>();  
4 // List ist Überklasse von ArrayList:  
5 List<String> myList3 = new ArrayList<>();
```



List<E>:

- `size()`: Länge der Liste
- `add(E element)`: Element ans Ende hinzufügen
- `remove(E element)`: Element aus Liste entfernen
- `contains(E element)`: Prüfen ob Element in Liste ist
- ... und mehr ...

Wiederholung: List

Arrays vs Listen



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

| Eigenschaft | Arrays | Listen |
|-------------------------|--------|-----------|
| Gesamtgröße | fest | dynamisch |
| Hinzufügen v. Elementen | nein | ja |

Das steht heute auf dem Plan



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Wiederholung: List

Verzeigerte Daten-Strukturen

- Wie? Was?

- Typische Form

- Mögliche interne Struktur

- Visuelle Repräsentation

- Typische Algorithmen-Form

- Zugriff auf Elemente

- Iterieren von einem Array

- Iterieren mit `ListItem`

- Beispiel-Implementierungen

- Typische Fehler

Verzeigte Daten-Strukturen

Wie? Was?



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- Nutzen Objekte, die aufeinander verweisen (Zeiger)
- Starker Kontrast zu Arrays:
 - ▣ Haben veränderbare Länge
 - ▣ Effizientes Hinzufügen und Entfernen
 - ▣ Auch Nachteile: Können Endlos-Schleifen besitzen

Verzeigerte Daten-Strukturen

Typische Form – LinkedList



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- Hinzufügen von Objekten durch `add`
- Entfernen von Objekten durch `remove`
- Prüfen, ob Objekte in Liste sind, durch `contains`
-

Verzeigerte Daten-Strukturen

Mögliche interne Struktur – LinkedList



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

```
1 public class ListItem<T> {  
2     public T key;  
3     public ListItem<T> next;  
4 }
```

```
1 public class LinkedList<T> {  
2     private ListItem<T> head;  
3     // private ListItem<T> tail;  
4 }
```

Verzeigerte Daten-Strukturen

Mögliche interne Struktur – Double Linked



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

```
1 public class ListItem<T> {  
2     public T key;  
3     public ListItem<T> next;  
4     public ListItem<T> prev;  
5 }
```

Verzeigerte Daten-Strukturen

Visuelle Repräsentation — LinkedList<Integer>



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Verzeigerte Daten-Strukturen

Typische Algorithmen-Form



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

```
1 public class LinkedList<T> {  
2     //....  
3 }
```

```
1 public static <T> void add(LinkedList<T> list, T obj) {  
2     //....  
3 }
```

```
1 public static <T> ListItem<T> add(ListItem<T> head, T obj) {  
2     //....  
3 }
```

Verzeigte Daten-Strukturen

Zugriff auf Elemente



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- Keinen (direkten) Zugriff durch einen Index
- Zugriff durch "Folgen der Zeiger"

Verzeigerte Daten-Strukturen

Iterieren von einem Array



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

```
1 public static <T> void print(T[] array) {  
2     System.out.println("Array:");  
3     for(T obj : array) {  
4         System.out.println("-> " + obj);  
5     }  
6 }
```

```
1 public static <T> void print(T[] array) {  
2     System.out.println("Array:");  
3     for(int index = 0; index < array.length; index++) {  
4         System.out.println("-> " + array[index]);  
5     }  
6 }
```

Verzeigte Daten-Strukturen

Iterieren mit ListItem



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

```
1 public class ListItem<T> {  
2     public T key;  
3     public ListItem<T> next;  
4 }
```

```
1 public static <T> void print(ListItem<T> head) {  
2     System.out.println("List:");  
3     ListItem<T> pointer = head;  
4     while(pointer != null) {  
5         System.out.println("-> " + pointer.key);  
6         pointer = pointer.next;  
7     }  
8 }
```


Verzeigte Daten-Strukturen

Iterieren mit ListItem



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

```
1 public class ListItem<T> {  
2     public T key;  
3     public ListItem<T> next;  
4 }
```

```
1 public static <T> void print(ListItem<T> head) {  
2     System.out.println("List:");  
3     for(ListItem<T> pointer = head; pointer != null;  
4         pointer = pointer.next) {  
5         System.out.println("-> " + pointer.key);  
6     }  
7 }
```

Verzeigerte Daten-Strukturen

Beispiel-Implementierungen



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

```
1 public class ListItem<T> {  
2     public T key;  
3     public ListItem<T> next;  
4 }
```

```
1 public class LinkedList<T> {  
2     private ListItem<T> head;  
3     //....  
4 }
```

Verzeigerte Daten-Strukturen

Beispiel-Implementierungen – addFirst



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

```
1 public void addFirst(T item) {  
2     ListItem<T> newItem = new ListItem<T>();  
3     newItem.key = item;  
4     newItem.next = head;  
5     head = newItem;  
6 }
```

Verzeigerte Daten-Strukturen

Beispiel-Implementierungen – add



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

```
1  public void add(T item) {  
2      ListItem<T> newItem = new ListItem<T>();  
3      newItem.key = item;  
4  
5      if(head == null) {  
6          head = newItem;  
7      }  
8      else {  
9          // ....  
10     }  
11 }
```

Verzeigerte Daten-Strukturen

Beispiel-Implementierungen – add



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

```
1  public void add(T item) {
2      ....
3      else {
4          // Get last item
5          ListItem<T> tail = head;
6          while(tail.next != null) {
7              tail = tail.next;
8          }
9
10         // Append item
11         tail.next = newItem;
12     }
13 }
```

Verzeigerte Daten-Strukturen

Beispiel-Implementierungen – remove



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

```
1 public boolean remove(T item) {  
2     if(head != null && head.key.equals(item)) {  
3         head = head.next;  
4         return true;  
5     }  
6     else {  
7         ....  
8     }  
9 }
```



```
1  else {
2      ListItem<T> pointer = head;
3      // Search for previous node
4      while(pointer.next != null &&
5          pointer.next.key.equals(item) == false) {
6          pointer = pointer.next;
7      }
8      if(pointer.next == null) {
9          return false;
10     }
11     // Set pointers
12     pointer.next = pointer.next.next;
13     return true;
14 }
```

Verzeigerte Daten-Strukturen

Beispiel-Implementierungen – contains



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

```
1 public boolean contains(T item) {  
2     ListItem<T> pointer = head;  
3     while(pointer != null) {  
4         if(pointer.key.equals(item)) {  
5             return true;  
6         }  
7         pointer = pointer.next;  
8     }  
9     return false;  
10 }
```


Verzeigerte Daten-Strukturen

Beispiel-Implementierungen – get



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

```
1  public T get(int index) {
2      int position = 0;
3      ListItem<T> pointer = head;
4      while(pointer != null) {
5          if(position == index) {
6              return pointer.key;
7          }
8          pointer = pointer.next;
9          position += 1;
10     }
11     throw new IndexOutOfBoundsException(index);
12 }
```

Verzeigerte Daten-Strukturen

Beispiel-Implementierungen – insert



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

```
1  public boolean insert(int index, T item) {  
2      if(index < 0) { return false; }  
3      if(index == 0) {  
4          addFirst(item);  
5          return true;  
6      }  
7      else {  
8          // Create new item  
9          ListItem<T> newItem = new ListItem<T>();  
10         newItem.key = item;  
11         ....  
12     }  
13 }
```

Verzeigerte Daten-Strukturen

Beispiel-Implementierungen – insert



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

```
1  ....
2  // Search for previous item
3  int position = 0;
4  ListItem<T> pointer = head;
5
6  while(pointer != null && position+1 < index) {
7      pointer = pointer.next;
8      position += 1;
9  }
10  ....
```

Verzeigerte Daten-Strukturen

Beispiel-Implementierungen – insert



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

```
1  ....
2  if(pointer == null) {
3      // Index was not reachable
4      return false;
5  }
6
7  // Insert newItem between pointer and pointer.next
8  newItem.next = pointer.next;
9  pointer.next = newItem;
10 return true;
```



- Edge-Cases nicht beachtet, zum Beispiel:
 - ▣ `head` ist `null`
 - ▣ `remove` bezieht sich auf `head`
 - ▣
- Zeiger werden vergessen, zum Beispiel:
 - ▣ `newItem.next` in `remove`
 - ▣
- Erzeugen einer Schleife durch fehlerhaftes Setzen von Zeigern
 - ▣ Führt zu Endlos-Schleifen



Live-Coding!