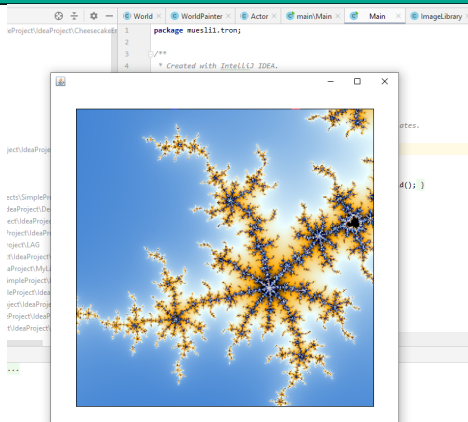


# FOP Tutorium #11



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

## Verzeigte Strukturen





---

# **Willkommen zurück!**

# Das steht heute auf dem Plan



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Wiederholung: List  
Arrays vs Listen

Verzeigte 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



## 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



- 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

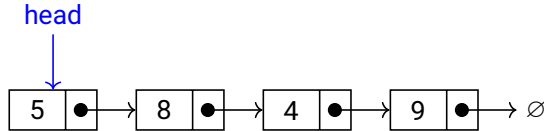


TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

```
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>





```
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 }
```

# Verzeigerte 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 }
```

# Verzeigerte 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 }
```



# Verzeigerte 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 }
```



```
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 }
```



```
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 }
```





```
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 }
```



```
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  ....
```



```
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!