Algorithmen und Datenstrukturen

– Wintersemester 2019 –

Kapitel 07: Suchbäume

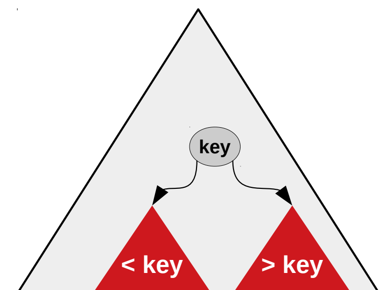
Fachbereich Informatik
TU Kaiserslautern

Dozent: Dr. Patrick Michel

Folien ursprünglich von Prof. Dr. Adrian Ulges (Hochschule RheinMain)

Suchbäume

Wir wollen Bäume als **dynamische Datenstruktur** nutzen: Werte **einfügen**, **suchen**, **löschen**...



Problem

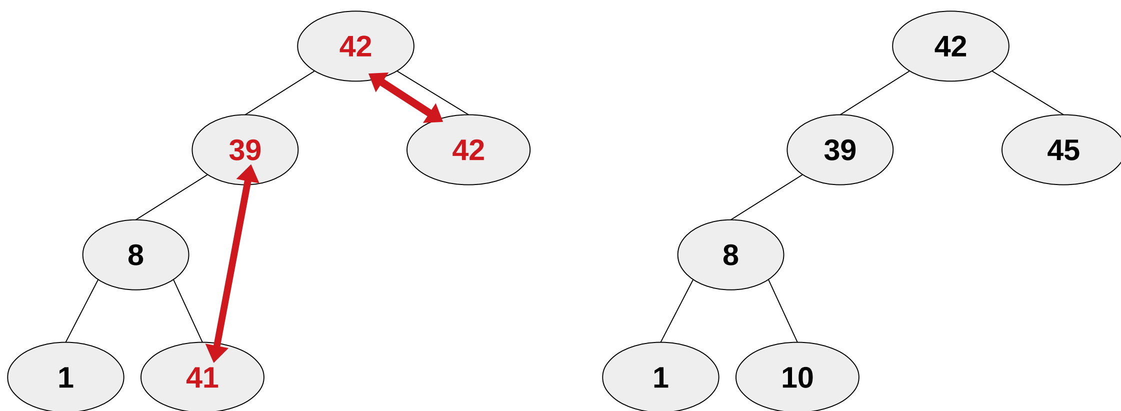
- Bisherige Binärbaume waren **ungeordnet**.
- Dann ist z.B. Suchen **ineffizient** *(im Worst Case alle Knoten durchsuchen → $O(n)$)!*
- **Lösung**: **Ordne** die Knoten anhand eines **Schlüssels**.

Definition (Binärer Suchbaum)

Ein Suchbaum ist ein binärer Baum, in dem
(1) alle Knoten ein Attribut `key` *besitzen, und*
(2) für **alle Knoten n** *gilt:*

1. **n.key** > **m.key** *für jeden Knoten m im* **linken Subbaum**.
2. **n.key** < **m.key** *für jeden Knoten m im* **rechten Subbaum**.

Beispiel

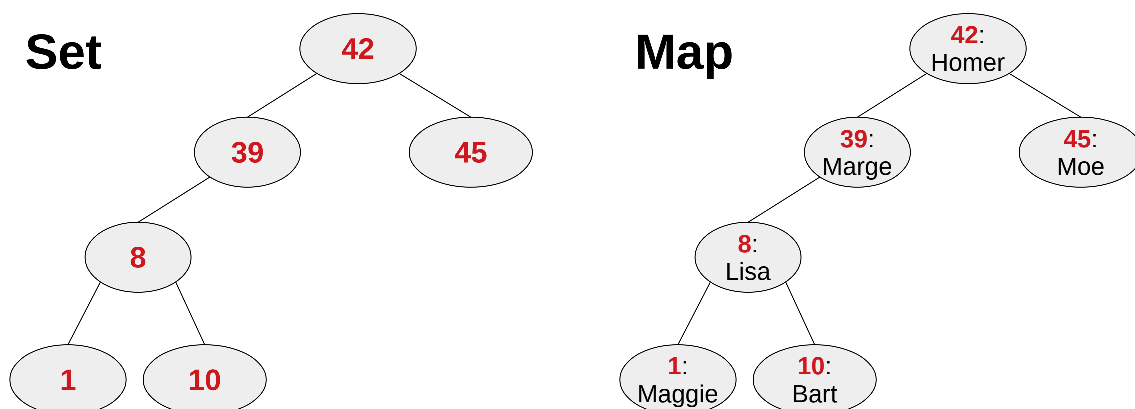


- **Links**: Dies ist **kein Suchbaum** ($41 \not< 39$, $42 \not> 42$)
- **Rechts**: Dies **ist** ein Suchbaum.

Anmerkungen

- Aus der Definition folgt, dass alle Schlüssel eines Suchbaums paarweise verschieden sein müssen. Es sind **keine Duplikate** erlaubt!

Suchbäume: Sets vs Maps



Suchbaum ohne Nutzdaten: Sets

- Suchbaum = **Menge** *(engl. "set")* von **Schlüsseln**
- Wir können Elemente finden, einfügen, entfernen...
- Duplikate sind verboten.

Suchbaum mit Nutzdaten: Maps (aka "Dictionaries)

- Gegeben den Schlüssel, suche den zugehörigen Wert
- **Analogie**: Wörterbücher, Matrikelnummern.

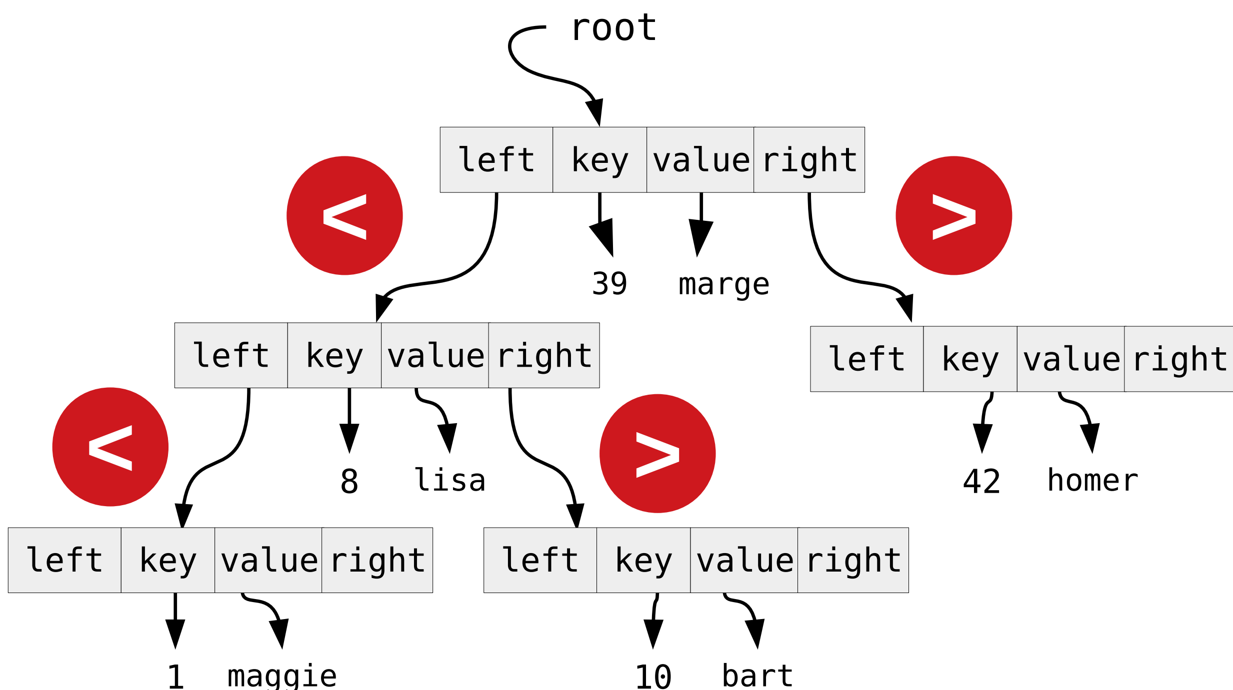
Implementierung: Beispiel

Klasse SearchTree

- `key` ist hier ein einfacher `int`-Wert.
- **Schlüssel anderer Typen** könnten wir mit dem Interface `Comparable` implementieren.
- `value`: zugehöriger Wert.
- **Wurzelknoten** `root`.
- Methoden zum Suchen, Einfügen, Löschen.

```
class SearchTree <T> {

  private class Node {
    int key;
    T value; // optional, für map
    Node left;
    Node right;
  }

  Node root;

  T find(int key);

  void insert(int key,
              T value);

  boolean delete(int key);

}
```


Implementierung (als Map)



Outline

1. Suchbaum: Suche

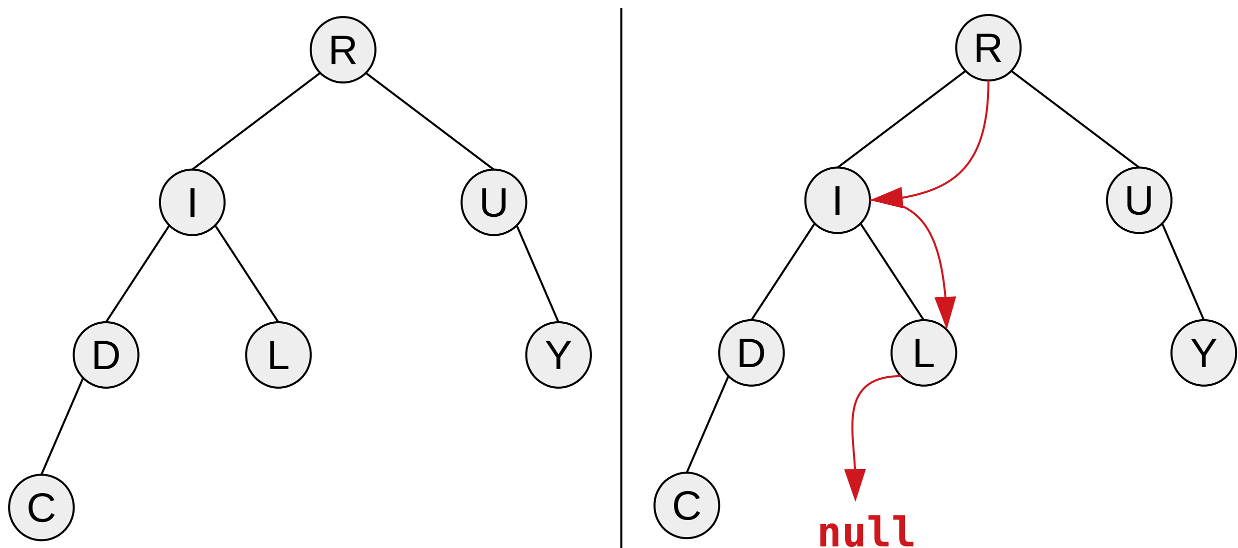
2. Suchbaum: Einfügen

3. Löschen in Suchbäumen

4. Das Java Collection Framework

Suchen im Suchbaum: Beispiel

Der Suchbaum nutzt die **alphabetische Ordnung** der Schlüssel.
Wir suchen den Wert "K" und finden ihn nicht (`null`-Knoten).



Suchen im Suchbaum: Implementierung

- Methode `T find(int key)`
- Gegeben einen Schlüssel `key`, gebe den zugehörigen `value` zurück *(oder* `null`*, wenn kein Knoten mit Schlüssel* `key` *existiert).*

Ansatz

- Wandere im Baum **nach unten**
- Gehe nach **links/rechts**, wenn der Suchwert kleiner/größer dem Knotenschlüssel ist.
- Breche ab falls Schlüssel gefunden, oder Knoten gleich null.

```
public T find(int key){
  TreeNode t = findNode(key);
  if (t == null)
    return null;
  else
    return t.value;
}
```

```
Node findNode(int key) {

}
```


Outline

1. Suchbaum: Suche
2. Suchbaum: Einfügen
3. Löschen in Suchbäumen
4. Das Java Collection Framework

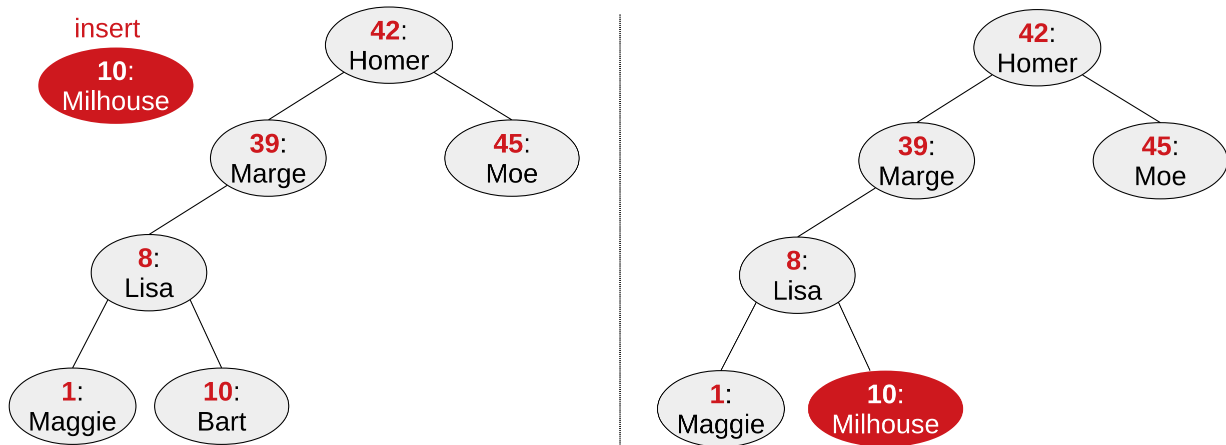
Einfügen im Suchbaum

Wie fügen wir einen Schlüssel-Wert-Paar `key/value` ein?

- Suche Knoten *n* mit Schlüssel key *(siehe "Suche", oben)*.

Fall 1: Schlüssel im Baum gefunden

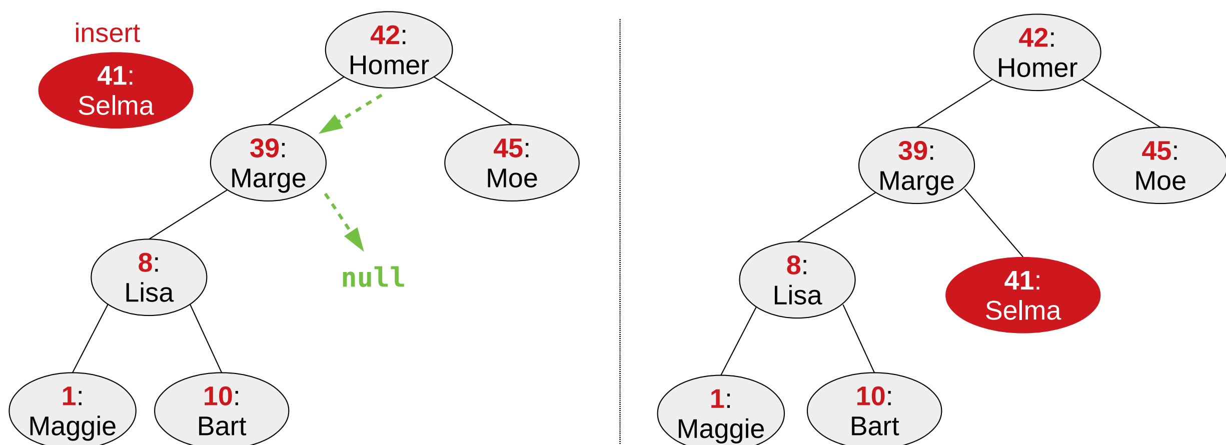
- Knoten *n* gefunden.
- Ersetze einfach den zugehörigen Wert.



Einfügen im Suchbaum (cont'd)

Fall 2: Schlüssel nicht gefunden

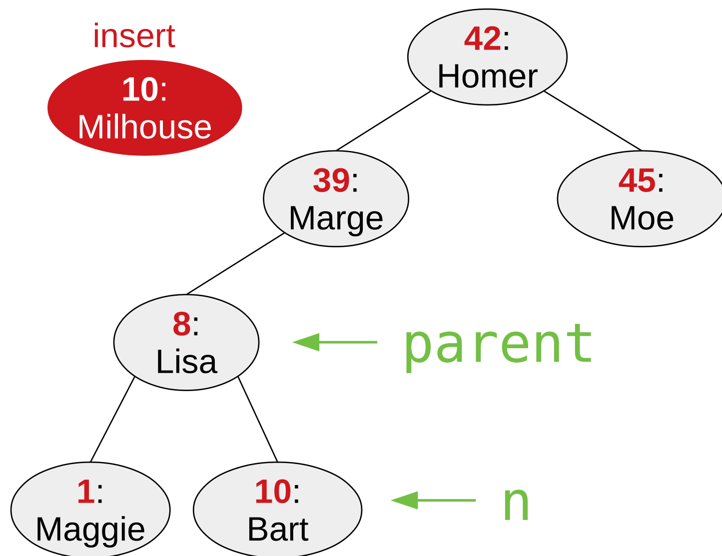
- Knoten *n* ist `null`.
- Hänge unter *n*'s **Elternknoten** einen **neuen Knoten**.



Einfügen im Suchbaum: Implementierung

Implementierung (1)

- Suche richtigen Knoten *n*.
- Merke den Elternknoten.
- Falls schon vorhanden: Wert **überschreiben**.



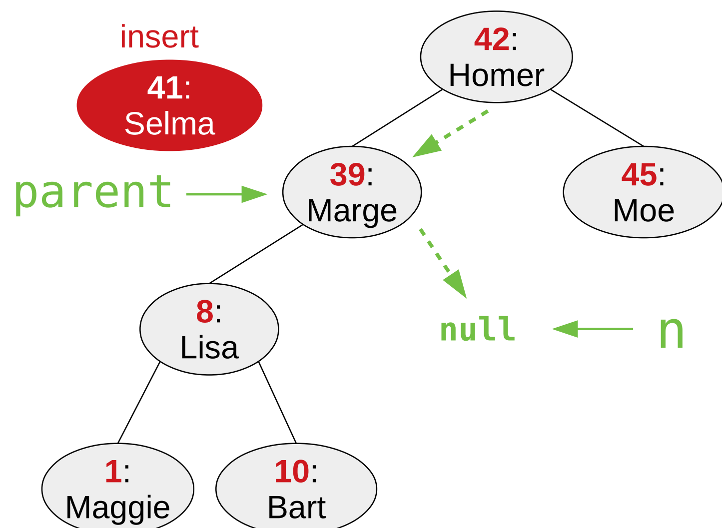

```
boolean insert(int key, T value) {



  ...
```


Einfügen im Suchbaum: Implementierung

Implementierung (2)

Wert **nicht vorhanden**

- **Neues Blatt** unter `parent` einhängen *(links oder rechts)*.
- Spezialfall: Leerer Baum.




```
  ...
  // n ist jetzt null (siehe oben)



}
```

Outline

1. Suchbaum: Suche

2. Suchbaum: Einfügen

3. Löschen in Suchbäumen

4. Das Java Collection Framework

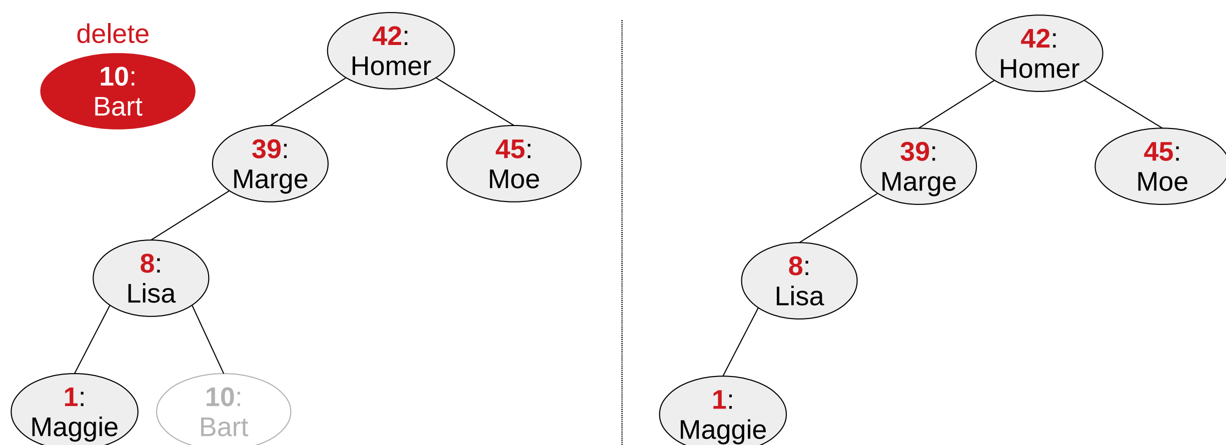
Löschen in Suchbäumen

Löschen im Suchbaum ist die **schwierigste Operation**. Warum?

- Eventuell ist eine **Reorganisation** notwendig, um die Suchbaumeigenschaften zu erhalten.
- Wir müssen **3 verschiedene Fälle** abdecken!

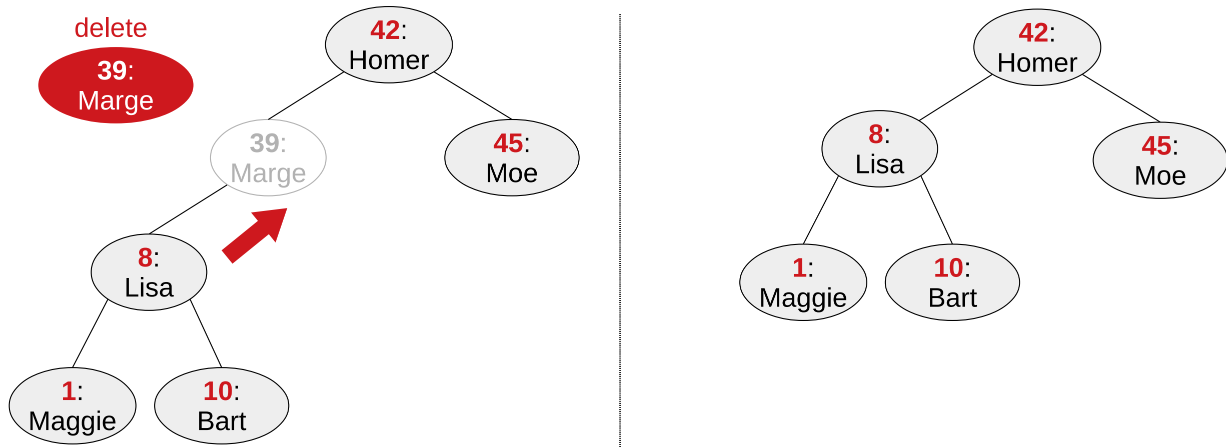
Fall 1: Löschen eines Blatts

Einfachster Fall: Ein Blatt kann einfach entfernt werden.



Löschen in Suchbäumen (cont'd)

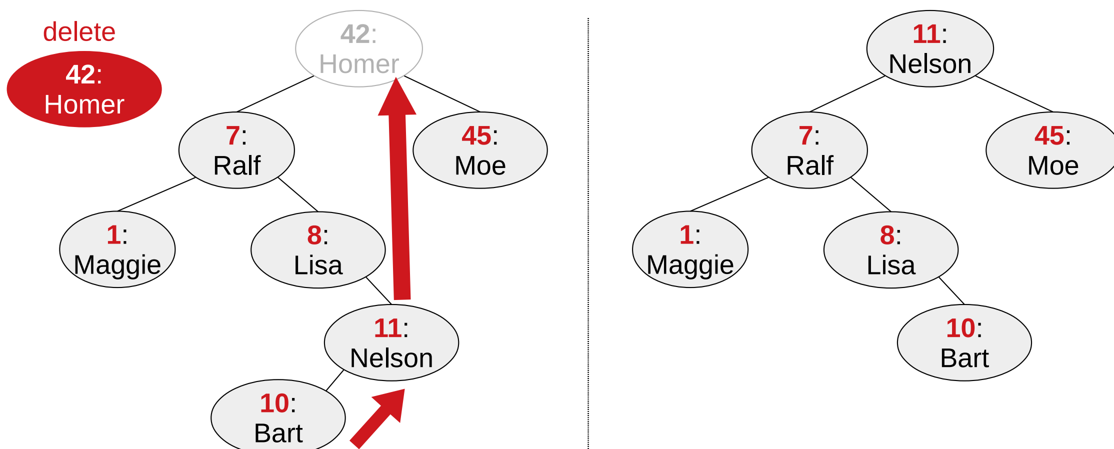
Fall 2: Löschen eines Knotens mit einem Kind



Auch noch leicht: Das Kind ersetzt den zu löschenden Knoten.

Löschen in Suchbäumen (cont'd)

Fall 3: Löschen eines Knotens mit zwei Kindern



- Wähle den **größten Knoten** im **linken Subbaum** unter dem zu löschenden Knoten.
- Dieser Knoten ersetzt den zu löschenden Knoten.

Outline

1. Suchbaum: Suche

2. Suchbaum: Einfügen

3. Löschen in Suchbäumen

4. Das Java Collection Framework

Das Java Collection Framework (JCF)

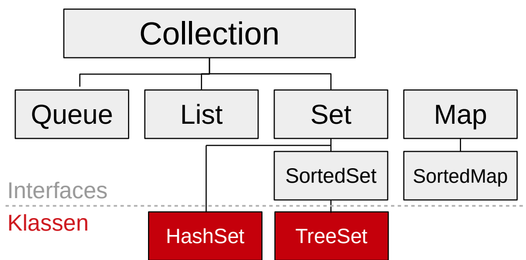
Bibliotheken

- Collections (wie Listen, Mengen, Dictionaries, ...) werden meist von Programmierumgebungen zur Verfügung gestellt.
- In **Java**: Das **Java Collection Framework (JCF)**.
- In **C++**: Die **Standard Template Library (STL)**.
- In **C#**: Das **.NET Framework (System.Collections)**.
- In **Python**: Typen bereits in Sprache integriert.

Das Java Collection Framework (JCF)

- **Collections**: Listen, Mengen, Maps, ...
- **Schnittstellen** und **unterschiedliche Implementierungen**
- Einheitliches **Iterator-Konzept** (s.o.).

JCF: Aufbau



Das JCF definiert zunächst **Schnittstellen** *(keine Implementierung)*.

Basis-Interface

- `java.util.Collection`

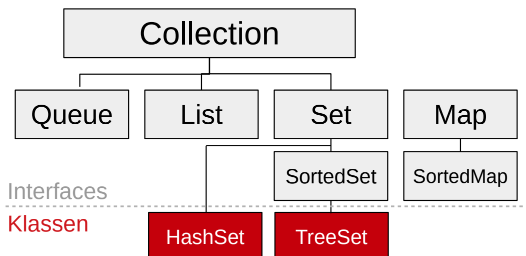
Verschiedene Spezialisierungen

- `java.util.List`
- `java.util.Queue`
- `java.util.Set`
- `java.util.Map`

```
public interface Collection<T> {

// Fügt Objekt hinzu
boolean add(T o);

// Fügt alle Objekte in c hinzu
boolean addAll(Collection<? extends T> c);

// Entfernt Objekt
boolean remove(T t);

// Entfernt alle Objekte in c
boolean removeAll(Collection<?> c);

// Test ob gleiches (equals())
// Objekt vorhanden
boolean contains(T t);

// Anzahl der Elemente
int size();

// Test ob Collection leer
boolean isEmpty();

// Iterator zur Navigation
Iterator<T> iterator();

...

}
```

Sog. „wildcard“:
? = irgendeine Subklasse von T.
Merke:
List<String>
≠ List<Object>

JCF: Aufbau

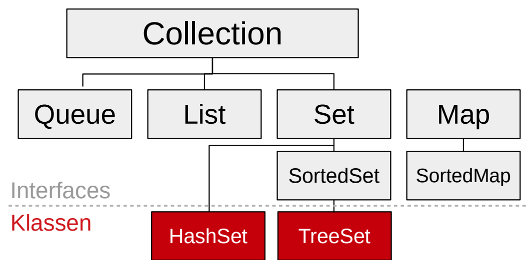


Beispiel: List

- **Sub-Interface** von Collection mit **zusätzlichen Methoden**.
- **Beispiel**: `add(int i, T o)`
- Index-Operationen: Einfügen und holen von Objekten **an Stelle i**.
- **Macht bei Mengen (Sets) oder Maps keinen Sinn!**

```
public interface List<T> extends Collection<T> {

// Fügt Objekt an Stelle i hinzu
boolean add(int i, T o);

// liefert Objekt an Stelle i zurück
T get(int i);


...

}
```

JCF: Interface Set<T>



Beispiel: Set

Modelliert **Mengen**

- keine Duplikate
- *(Elemente ungeordnet)*.

Implementierungen

1. `HashSet<T>`: Hashing (später)
2. `TreeSet<T>`: Verbesserte Suchbäume (Red-Black-Trees, später)

```
public class TreeSet<T> implements SortedSet<T>
{

// liefert erstes Element zurück
T first();

...

}
```


References I