Objektorientierte Programmierung 2 | OOP2

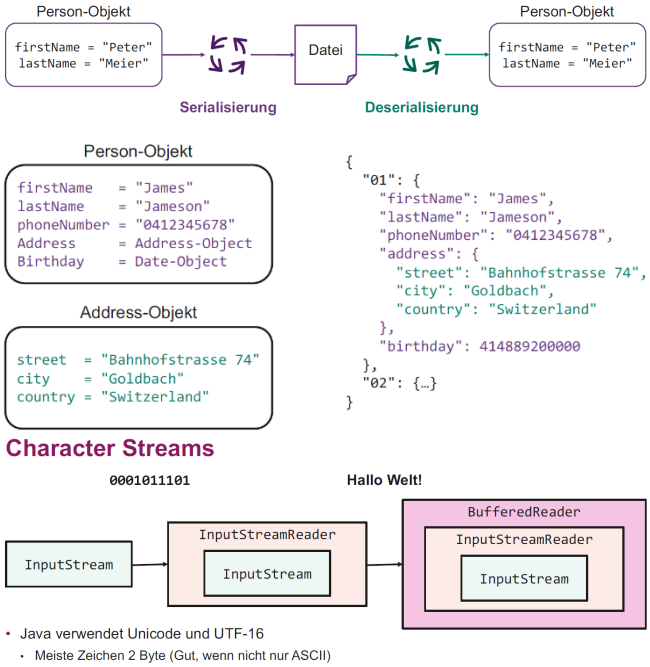
Zusammenfassung

1. FILE I/O, SERIALISIERUNG

Serialisierung: Objekt codieren
Deserialisierung: Objekt wiederherstellen

Byte Streams: Byteweises Lesen von Dateien
FileInputStream, FileOutputStream

Character Streams: Zeichenweises Lesen von Dateien (Unicode)
FileReader, FileWriter



- Java verwendet Unicode und UTF-16
  - Meiste Zeichen 2 Byte (Gut, wenn nicht nur ASCII)

Datei binär lesen

```
try (var in = new FileInputStream("")) {
  int b = in.read();
  for (int i = 0; b >= 0; ++i){
    // b == -1 bedeutet Dateiende
    if (i % 16 == 0) { // Zeilennummer
      System.out.printf("%n%04X;", i);
    }
    System.out.printf(" %02X", b);
    //b == gelesenes Byte
    b = in.read();
  }
} // in.close() in implizitem finally
```

File-Output

```
try(var out = new FileOutputStream("")){
  while (…) {
    byte b = …;
    out.write(b);
  }
}
//Datei neu anlegen bzw. überschreiben
new FileOutputStream("test.data", true)
//Anhängen, falls Datei existiert
```

File-Reader

```
try (var reader = new FileReader("")) {
  int value = reader.read();
  while (value >= 0) { //-1 end of file
    char c = (char) value;
    value = reader.read(); }}
```

Zeilenweises lesen

```
try (var reader = new BufferedReader (new
FileReader("quotes.txt")) {
  String line = reader.readLine();
  while (line != null) {
    System.out.println(line);
    line = reader.readLIne();
  }
}
```

File-Writer

```
try (var writer = new Filewriter("test.txt", true)) {
  writer.write("Hello!"); //String
  writer.write("\n"); //Einzelner char
}
```

Die ***Serializable-Interface*** implementation zeigt an, dass die Klasse serialisiert werden kann:

```
class Person implements Serializable {…}
//...
try(var stream = new ObjectOutputStream( new
FileOutputStream("serial.bin"))) {
  stream.writeObject(person);
}
```

Objekt aus Bytestrom deserialisieren

```
try(var stream = new ObjectInputStream( new
FileInputStream("serial.bin"))){
  Person p=(Person) stream.readObject();
}
```

Sollte man nicht verwenden: Nicht interoperabel, Sicherheitsprobleme, Änderungen der Implementierung einer Klasse sind schwierig

`Deshalb: JSON zur Datenübertragung`

Serialisierung mit Jackson

```
class Person {
  public String firstName;
  ...
  Person(){}
}
var contacts= new ArrayList<Personen>();
// Personen hinzufügen

String jsonString = new ObjectMapper().
writeValueAsString(contacts);
```

Deserialisierung mit Jackson

```
ArrayList<Person> contacts = new ObjectMapper().
readerFor(new TypeReference<ArrayList<Person>>(){})
.readvalue(jsonString);
```

2. GENERISCHE PROGRAMMIERUNG

Die generische Programmierung ermöglicht es, eine Implementierung mit unterschiedlichen Datentypen zu verwenden (z.B. String statt Integer). So wird ermöglicht, dass eine Stack-Implementierung sicher unterschiedliche Datentypen aufnehmen kann.
Verwendung von Typen (Klassen und Schnittstellen) als Parameter bei der Definition von Klassen, Schnittstellen und Methoden.
Vorteile:

- ***Strengere Typüberprüfungen zur Kompilierzeit:*** Ein Java-Compiler wendet eine strenge Typüberprüfung auf generischen Code an und gibt Fehler aus, wenn der Code die Typsicherheit verletzt. Die Behebung von Kompilierfehlern ist einfacher als die Behebung von Laufzeitfehlern, die schwer zu finden sein können.
- ***Keine Casts*** notwendig

Generische Klasse: `public class ListStack<T> implements Stack<T> { /*...*/ }`
Generisches Interface: `interface Iterator<E> { /*...*/ }`
Generische Methode: `public <E> Stack<E> multiPush(E value, int times) { /*...*/ }`

Typ-Parameter in spezifischer Methode
```
public class StackTest {
  public<E> Stack <E> multiPush(E value, int times) {
    var result = new Stack<E>();
    for (int i = 0; i<times; i++) {
      result.push(value);
    }
    return result;
  }
}
```

Bei gemischten Argumenttypen wir der nächste gemeinsame Basistyp verwendet. ***Z.B. Integer und Double -> Number***

```
<T> T majority(T x, T y, T z);
Number n = majority(1, 3.141. 1);
```

Generische Interfaces

Iterable
```
interface Iterable<T> {
  Iterator<T> iterator();
}
```

Iterator
```
interface Iterator<E> {
  boolean hasNext();
  E next();
}
```

Iterator für Stack-Klasse
```
class Stack<T> implements Iterable<T> {
  private Entry<T> top;
  // ...
  public Iterator<T> iterator() {
    return new StackIterator<T>(top);
  }
}

class StackIterator<T> implements Iterator<T> {
  private Entry<T> current;
  StackIterator(Entry<T> top) {
    current = top;
  }
  public boolean hasNext() {
    return current != null;
  }
  public T next() {
    var value = current.getValue();
    current = current.getPrevious();
    return value;
  }
}
```

Einsatz: Enhanced For-Loop
```
for (String s : stringStack) {...}
```

Generics vs. Arrays

Kompiliert:
```
String[] arrayOfStrings = new String[5]
Object[] arrayOfObjects = arrayOfStrings
arrayOfObjects[0] = Integer.valueOf(2);
```

Funktioniert nicht:
```
ArrayList<String> arrayOfStrings = new ArrayList<>();
ArrayList<Object> arrayOfObjects = arrayOfStrings;
ArrayList<Object> arrayOfObjects = new ArrayList<>();
ArrayList<String> arrayOfStrings = arrayOfObjects;
Object[] arrayOfObjects = new Object[10]
String[] arrayOfStrings = arrayOfObjects
```

Type Bounds

Beschränken des Parameter-Typ auf Subtypen einer bestimmten Klasse.

```
class GraphicStack<<T extends Graphic>> extends Stack<T> {
  public void drawAll() { ... }
}
```

- Typargumente einschränken
- Stellt Kompabilität sicher
- Erhöht Flexibilität

Type Erasure
Typbeschränkungen zur Komplilierzeit, Löschen der Typ-Informationen zur Laufzeit. Macht es wegen backward compatibility.

Generische Klasse

```
class Stack<T> {
  void push(T value) { ... }
}
```

Konsequenzen von Type Erasure für MyClass<T>
- Keine `instanceof T`
- Type-Casts zu `T` sind ungeprüft
- Kein `new T()`
- Keine primitiven Typen als Typ-Argumente
- Methoden müssen auch zur Laufzeit eindeutig identifizierbar sein

Wildcards

Funktion ohne Wildcards
```
Public static <T> List<T> mergeToList( Collection<T>
coll1, Collection<T> coll2) {
  var result = new ArrayList<T>();
  merge(coll1, coll2, result);
  return result;
}
List<Number> result1 = CollectionFunctions.mergeToList
(new HashSet<Double>(); new ArrayList<Integer>());
```

Funktion mit Wildcards
```
Public static <T> List<T> mergeToList( Collection
<? extends T> coll1, Collection<? extends T> coll2) {
  var result = new ArrayList<T>();
  merge(coll1, coll2, result);
  return result;
}
```

Typparameter-Varianten

Invarianz `C<T>`: Keine Änderungen erlaubt. Ein generischer Typparameter bleibt unverändert und kann nicht durch einen anderen Typparameter ersetzt werden, selbst wenn eine Subtyp- oder Supertyp-Beziehung besteht.

Grenzen generischer Invarianz

```
private static <T> void move(Stack<T> from, Stack<T> to) {
  while(!from.isEmpty()){
    to.push(from.pop());
  }
}
//Main-Funktion
var RStack = new Stack<Rectangle>();
var GStack = new Stack<Graphic>();

GStack.push(new Rectangle()); //Funktioniert
move(RStack, GStack); //Funktioniert nicht
```

Kovarianz `C<? extends T>`: Nur abgeleitete (Unter-)Typen sind erlaubt. Ein generischer Typparameter kann durch einen abgeleiteten Subtyp ersetzt werden, aber nicht durch einen Supertyp.
Kontravarianz `C<? super T>`: Nur Supertypen sind erlaubt. Ein generischer Typparameter kann durch einen Supertyp ersetzt werden, aber nicht durch einen Subtyp.
Bivarianz `C<?>`: Eine Kombination aus Kovarianz und Kontravarianz. Ein

generischer Typparameter kann sowohl durch einen abgeleiteten Subtyp als auch durch einen Supertyp ersetzt werden.

	Typ	Kompatible Typ-Argumente	Lesen	Schreiben
Invarianz	`C<T>`	T	✓	✓
Kovarianz	`C<? extends T>`	T und Subtypen	✓	✗
Kontravarianz	`C<? super T>`	T und Basistypen	✗	✓
Bivarianz	`C<?>`	Alle	✗	✗

3. ANNOTATIONS & REFLECTIONS

Annotations sind ***Metadaten*** über das Programm und kein Teil des Programmcodes.

Anwendungen: Informationen für den Compiler: Fehler erkennen oder Warnungen unterdrücken. Verarbeitung zur Kompilier- und Bereitstellungszeit: Annotations verarbeiten, um Code oder XML-Dateien zu generieren.

Vordefinierte Annotationen:
```
@Override
@Deprecated
@SuppressWarnings(value=»unchecked»)
@FunctionalInterface
...
```

Eigene Annotation definieren:
```
public @interface MyAnnotation { ... }
```

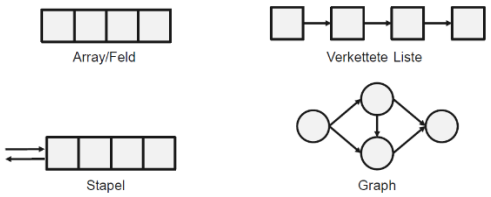
Auswahl annotierter Methoden
```
... for (var m : methods) {
  if(m.isAnnotationPresent(Profile .class)) {
    Analyzer.profileMethod( ... );
  }
}
```

Mit Reflections kann das Programm seine eigene Struktur, sein Verhalten und seine Metadaten zur Laufzeit untersuchen und manipulieren.

Funktion von Reflections:
- Informationen über Klassen, Methoden und Felder
- Dynamische Methodenaufrufe
- Abschalten von Zugriffsbeschränkungen
- Auslesen von Annotations

Anwendungen:
- Programmier-Tools (z.B. Debugger, Object Inspector, Class Browser)
- Dynamisches Laden von Code

4. ARRAY & LISTEN



Abstrakter Datentyp Liste

`public interface List<E> extends Collection<E>`

boolean	`add(E element)`	***Appends*** the specified element to the ***end*** of this list
boolean	`add(int index, E element)`	***Inserts*** the speficied element at the ***specified position*** in this list
boolean	`contains(Object o)`	Returns true if this list ***contains*** the ***specified*** element
E	`get(int index)`	***Returns*** the ***element*** at the specified ***position*** in the list.

Definition Array

- Speichern von n ***gleichartigen*** Objekten
- ***Wahlfreier Zugriff*** mit Index 0 bis $n-1$
- Array speichert ***Referenzen auf Objekte*** – ändert sich referenziertes Objekt, so ändert sich Inhalt des Arrays
- `int[] anArray = new int[10]`

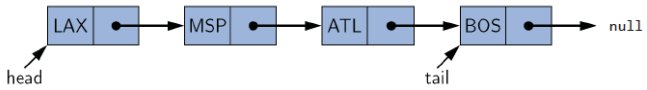
```
public void add(GameEntry entry) {
  int newScore = entry.getScore();
  if(isHighScore(newScore)) {
    if(numEntries < board.length) {
      numEntries++;
    }
    int j = numEntries - 1;
    for (; j>0 && board[j-1].getScore() < newScore; j--) {
      board[j] = board[j - 1];
      j--;
    }
    board[j] = entry;
  }
}
```

Nachteil von Arrays: Müssen bei nicht mehr vorhandenem Platz umgespeichert werden. Verkettete Liste ist für das besser geeignet.

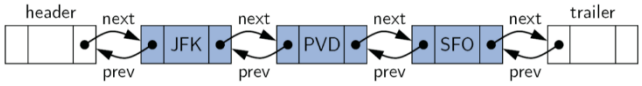
Verkettete Liste

- Sequenz von Knoten
- Jeder Knoten besitzt ein Element und einen Zeiger auf den nächsten Knoten

Einfach verkettete Liste



Doppelt Verkettete Liste




```
public class Node<E> {
  private E element;
  private Node<E> next;
  public Node(E e, Node<E> n) {
    element = e;
    next = n;
  }
  public E getElement() {
    return element;
  }
}
```

Anwendungen: Undo Funktionalität, Hash Tabellen, Graphen
Doubly-Linked-List: Jeder Knoten speichert Verbindung zum Vorgänger und Nachfolger

	Worst Case	Best Case
Suchen	$O(n)$	$O(n)$
Einfügen	$O(1)$	$O(1)$
Löschen	$O(n)$	$O(1)$

Element hinzufügen: Element erstellen next/prev richtig setzen und next/prev von dem Element vor und nach dem neuen Element umhängen. Size-Value $+1$
Element löschen: next/prev des zu löschenden Elements auf null. Next des vorherigen Elements und prev des nächsten Elements vom zu löschenden Element umhängen. Size-Value -1

Array vs List

Laufzeitvergleich

	Lesen	Element einfügen
Array	$O(1)$	$O(n)$
Liste	$O(n)$	$O(1)$

Array	*List*
Kann multidimensional sein	Kann nur eindimensional sein
Länge statisch und fixe Länge	Dynamische Länge
Schneller wegen fixer Länge	Langsamer wegen dynamischer Länge
Type-unsafe da keine Generics	Type-safe da Generics möglich
Lesen: $O(1)$	Lesen: $O(n)$
Element einfügen: $O(n)$	Element am Anfang/Ende einfügen: $O(1)$

5. SORTIERALGORITHMEN

Insertionsort

Elementarer Sortieralgorithmus, eignet sich für ***kleinere Datenmengen*** oder für ***Einfügen*** in eine ***bereits sortierte*** Liste.
Nimmt jeden Wert aus dem Array und fügt ihn in einen neuen Array an der richtigen Stelle ein.
Bsp. 1 4 3 2: [1]; [1,4]; [1,3,4]; [1,2,3,4]

```
public static void insertionSort(int array[]) {
  for (int step = 1; step < array.length; step++) {
    int key = array[step];
    int j = step - 1;
    // For descending order, change < to >
    while (j >= 0 && key < array[j]) {
      array[j + 1] = array[j];
        --j;
      }
    array[j + 1] = key;}}
```

Worst Case:	$O(n^2)$ Liste ist verkehrt herum sortiert
Average Case:	$O(n^2)$
Best Case:	$O(n)$ vorsortierte Liste

Selection Sort

Von der unsortierten Liste das ***grösste*** oder ***kleinste Element*** in ***eine neue Liste einfügen***. Danach das ***nächstgrössere*** oder ***kleinere Element*** wählen, bis die unsortierte Liste leer ist. Laufzeit ***unabhängig*** von Eingabe.
Bsp. 1 4 3 2: [1]; [1,2]; [1,2,3]; [1,2,3,4]

```
public static void selectionSort(int[] arr) {
  int n = arr.length;
  for (int i = 0; i < n - 1; i++) {
    int minIndex = i;
    for (int j = i + 1; j < n; j++) {
      if (arr[j] < arr[minIndex]) {minIndex = j;}
    }
    int temp = arr[minIndex];
    arr[minIndex] = arr[i]; arr[i] = temp; }}
```

Worst Case:	$O(n^2)$
Average Case:	$O(n^2)$
Best Case:	$O(n^2)$

Shell Sort

Weit ***auseinander liegende*** Einträge (Start normalerweise bei $n/2$) ***austauschen***, um ***teilweise sortierte*** Arrays zu erzeugen. Diese dann mit Insertion Sort sortieren.

4-sortieren: Jedes 4te Element vergleichen und vertauschen, sodass diese 4 sortiert sind. Schritt wiederholen mit jedem 2. Element, am Schluss Array mit Insertion Sort sortieren.

```
public static void shellSort(int[] a) {
  int n = a.length;
  //3x+1 increment sequence: 1,4,13,40,121,…
  int h=1;
  while (h < n/3) { h = 3 * h + 1; }
  while (h >= 1) { //h-sort the array
    for (int i = h; i < n; i++) {
      for (int j = i; j >= h && a[j] < a [j-h]; j = j-h) {
        swap (a, j, j-h);
      }} h /= 3; }}
```

Worst Case:	$O(n^2)$
Average Case:	$O(n * \log n)$
Best Case:	$O(n * \log n)$ vorsortierte Liste

Bubble Sort

Durch Liste ***iterieren*** und in ***zweier-Paaren vergleichen*** und Positionen ***vertauschen*** falls unsortiert. Wiederholen, bis Liste sortiert ist. Wenn der Algorithmus einmal durch die ganze Liste geht, ohne etwas zu verschieben, heisst das, dass die Liste sortiert ist.
Bsp. 1 4 3 2: [1,4,3,2]; [1,3,4,2]; [1,3,2,4]; [1,3,2,4]; [1,2,3,4]

```
public static void bubbleSort(int[] array) {
  int size = array.length;
  for (int i = 0; i < size - 1; i++) {
    for (int j = 0; j < size - i - 1; j++) {
      // change > to < to sort in descending order
      if (array[j] > array[j + 1]) {
        // swapping occurs if elements are in wrong order
        int temp = array[j];
        array[j] = array[j + 1];
        array[j + 1] = temp;
      }}}}
```

Worst Case:	$O(n^2)$
Average Case:	$O(n^2)$
Best Case:	$O(n)$ vorsortierte Liste

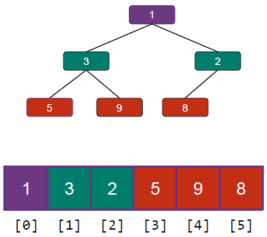
Counting Sort

Für jedes Eingabeelement wird die ***Anzahl der kleineren Elemente*** und die ***Anzahl der gleichen Elemente*** ermittelt. So kann jedes Element an der ***richtigen Position*** im ***Output Array*** platziert werden.
Bsp. 1 4 3 2: [,2, ,]; [,2,3,]; [,2,3,4]; [1,2,3,4];

```
public static void countingSort(int[] arr) {
  int n = arr.length;

  // Step 1: Find the range of input elements
  int min = Integer.MAX_VALUE;
  int max = Integer.MIN_VALUE;
  for (int num : arr) {
    min = Math.min(min, num);
    max = Math.max(max, num);
  }

  // Step 2: Create the count array
  int range = max - min + 1;
  int[] count = new int[range];

  // Step 3: Count the occurrences
  for (int num : arr) { count[num - min]++; }

  // Step 4: Calculate cumulative counts
  for (int i = 1; i < range; i++) {
    count[i] += count[i - 1];
  }

  // Step 5: Build the sorted array
  int[] sorted = new int[n];
  for (int i = n - 1; i >= 0; i--) {
    int num = arr[i];
    int index = count[num - min] - 1;
    sorted[index] = num;
    count[num - min]--;}

  // Step 6: Copy the sorted array back to the input array
  System.arraycopy(sorted, 0, arr, 0, n);
}
```

Worst Case:	$O(n)$ bzw. $O(n + size)$
Average Case:	$O(n)$ bzw. $O(n + size)$
Best Case:	$O(n)$ bzw. $O(n + size)$

Heapsort



Binörer Baum mit folgenden Eigenschaften: Baum ist ***vollständig***, ***Schlüssel*** jedes Knotens ***kleiner oder gleich*** als ***Schlüssel seiner Kinder***. ***Wurzel*** enthält immer ***kleinestes*** Element.

- Wurzelelement ***herausnehmen***
- ***Letztes Element*** an Stelle von Wurzel ***verschieben***
- Falls in nächster Stufe ***kleineres Element*** vorhanden, kleinstes Element mit ***Wurzel vertauschen***, Element so lange nach unten tauschen bis der Baum wieder die ***korrekten Eigenschaften*** hat
- ***Nächste Wurzel*** aus dem Array ***nehmen***

```
public static void percolate (Comparable[] arrayToSort,
int startIndex, int last) {
  int i = startIndex;
  while(hasLeftChild(i, last)) {
    int leftChild = getLeftChild(i);
    int rightChild = getRightChild(i);
    int exchangeWith = 0;
    if(arrayToSort[i].compareTo(arrayToSort[leftChild])>0)
    { exchangeWith = leftChild; }
    if(rightChild <= last && arrayToSort[leftChild].
    compareTo(arrayToSort[rightChild])>0) {
      exchangeWith = rightChild;
    }
    if(exchangeWith == 0 || arrayToSort[i].
    compareTo(arrayToSort[exchangeWith]) <= 0 ) {
      break;
    }
    swap(arrayToSort, i, exchangeWith);
    i = exchangeWith;
  }
}

public static void heapSort(Comparable[] arrayToSort) {
  int i;
  heapifyMe(arrayToSort);
  for (i = arrayToSort.length - 1; i > 0; i--) {
    swap(arrayToSort, 0, i) //1. Element mit n. tauschen
    percolate(arrayToSort, 0, i-1);//Heap wiederherstellen
  }
}

//Alternative

public void sort(int arr[]) {
  int n = arr.length;
  // Build max heap
  for (int i = n / 2 - 1; i >= 0; i--) {
    heapify(arr, n, i);
  }
  // Heap sort
  for (int i = n - 1; i >= 0; i--) {
    int temp = arr[0];
    arr[0] = arr[i];
    arr[i] = temp;
    // Heapify root element
    heapify(arr, i, 0);
  }
}

void heapify(int arr[], int n, int i) {
  // Find largest among root, left child and right child
  int largest = i;
  int l = 2 * i + 1;
  int r = 2 * i + 2;
  if (l < n && arr[l] > arr[largest]) {largest = l;}
  if (r < n && arr[r] > arr[largest]) {larges = r;}
  // Swap and continue heapifying if root is not largest
  if (largest != i) {
    int swap = arr[i];
    arr[i] = arr[largest];
    arr[largest] = swap;
    heapify(arr, n, largest);
  }
}
```

Worst Case:	$O(n * \log n)$
Average Case:	$O(n * \log n)$
Best Case:	$O(n * \log n)$

6. ALGORITHMENPARADIGMEN

Greedy

In jedem Teilschritt die möglichst optimale Lösung wählen. ***Optimiert lokal, um global zu optimieren.***

Beispiel: Fülle einen Rucksack, der 35kg Platz hat, mit folgenden Werten: 30kg, 20kg, 15kg. Der Greedy Algorithmus wird zuerst das Element mit 30kg wählen, weil es in diesem Teilschritt die optimale Lösung ist. Ist jedoch nicht die globale optimale Lösung. -> ***Liefert eine schnelle, aber nicht unbedingt optimale Lösung.***

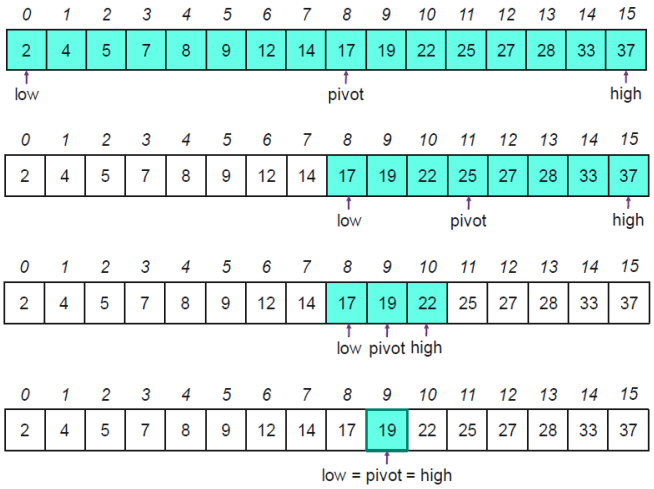
$O(n^2)$

```
public static void calcSolution(HashSet<String>
statesNeeded, HashMap<String, HashSet<String>> stations) {
  var finalStations = new HashSet<String>();
  while (!statesNeeded.isEmpty()) {
    String bestStation = "";
    var statesCovered = new HashSet<String>();
    for (String station : stations.keySet()) {
      var covered = new HashSet<String>(statesNeeded);
      covered.retainAll(stations.get(station));
      if (covered.size() > statesCovered.size()) {
        bestStation = station;
        statesCovered = covered;
      }
    }
    statesNeeded.removeAll(statesCovered);
    finalStations.add(bestStation);
  }
  System.out.println(finalStations);
}
```

Divide and Conquer

Problem ***rekursiv*** in kleinere ***Subprobleme*** aufteilen. ***Subprobleme lösen*** und Lösung ***zusammenfügen***.

Beispiel Binärsuche, funktioniert nur, wenn Elemente nach einer logischen Funktion sortiert sind.

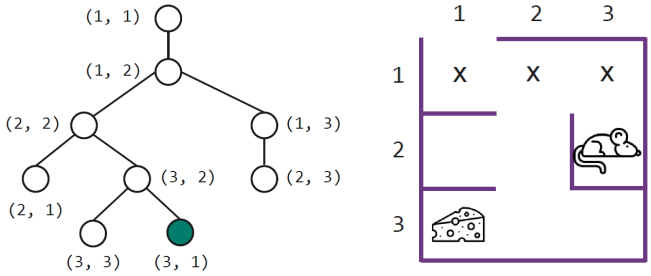


```
Public static <T extends Comparable<T>> boolean
searchBinary(List<T> data, T target, int low, int high) {
  if (low > high) {
    return false;
  } else {
    int pivot = low + ((high - low) / 2);
    if (target.equals(data.get(pivot))) {
      return true;
    } else if  (target.compareTo(data.get(pivot)) < 0){
      return searchBinary(data, target,low, pivot -1 );
    } else {
      return searchBinary(data, target, pivot+1, high);
    }
  }
}
```

$O(\log n)$

Backtracking

Trial & Error. Falls aktueller Zweig nicht zur Lösung führt, letzte Entscheidung zurücksetzen und anderen Pfad probieren.



Vorgehen:

- ***Position*** auf Feld ***markieren***
- ***Rekursionsabbruch*** (Alle Felder besucht, Ausgang gefunden)
- Alle Operationen ***probieren***:
  Neues Feld / Koordinate ***festlegen***
  Überprüfen, ob Feld ***gültig*** ist und noch nicht besucht wurde
  Wenn Ja: Überprüfen, ob ***rekursiver Aufruf*** «***true***» zurückgibt
- Sonst ***Backtracking***: Markierung vom Feld entfernen und «false» zurückgeben

```
procedure BACKTRACK (K: Konfiguration) {
 if[K ist Lösung] then [gib K aus]
 else for each [direkte Erweiterung K'
 von K] do BACKTRACK(K')
}
```

Backtracking example (near light)

```
static final int N = 5;
static final int[] row = {2, 1, -1, -2, -2, -1, 1, 2, 2};
static final int[] col = {1, 2, 2, 1, -1, -2, -2, -1, 1};

private static boolean isValid(int x, int y) {
  return x >= 0 && y >= 0 && x < N && y < N;
}
public static boolean knightTour(int[][] visited, int x,
int y, int pos) {
  visited[x][y] = pos; //Feld markieren

  //Abbruchsbedingung
  if (pos >= N * N) { return true; }

  //Alle Züge probieren
  for (int k = 0; k < 8; k++) {
    int newX = x + row[k];
    int newY = y + col[k];

    // Ist neue Feld im Spielbrett und unbesucht
     if (isValid(newX,newY) && visited[newX][newY] == 0) {
       // Wird Abbruchsbedingung rekursiv erreicht?
       if (knightTour(visited, newX, newY, pos + 1)) {
         return true;
       }
     }
  }
  //Falls 4, 5 nicht erfüllt sind, backtracking
  visited[x][y] = 0;
  return false;
}
```

Backtracking example Labyrinth

```
public void walk(int x, int y) {
  if (step(x, y)) {
    maze.setField(x, y, State.WALKED);
  }}
//Backtracking method
public boolean step(int x, int y) {
  amountOfSteps++;
  System.out.println(maze);
  //Return true in case the goal was found
  if (maze.checkField(x, y, State.GOAL)) {return true;}
  //Return false falls wand oder verwendeter pfad erreicht
  if (maze.checkField(x, y, State.WALL) ||
  maze.checkField(x, y, State.WALKED)) {return false;}
  //Mark current location as walked
  maze.setField(x, y, State.WALKED);

  //Try to go Right
  if (step(x, y + 1)) {return true;}
  //Try to go Up
  if (step(x - 1, y)) {return true;}
  //Try to go Left
  if (step(x, y - 1)) {return true;}
  // Try to go Down
  if (step(x + 1, y)) {return true;}

  //Mark current location as backtracked
  maze.setField(x, y, State.BACKTRACKED);
  return false; //Go back
}
```

Backtracking example Sudoku

```
public boolean checkRow (int row, int num) {
  for (int col = 0; col < 9; col++) {
    if (sudokuArray[row][col] == num {return false;}
  }
  return true;
}

public boolean checkBox(int row, int col, int num) {
  row = (row / 3) * 3;
  col = (col / 3) * 3;
  for (int r = 0; r < 3; r++) {
    for (int c = 0; c < 3; c++) {
      if (sudokuArray[row+r][col+c] == num) {return false}
    }
  }
  return true;
}

public boolean solve(int row, int col) {
  if (row == 8 && col == 9) return true;
  if (col == 9) {
    row++;
    col = 0;
  }
  if (sudokuArray[row][col] != 0) {
    return solve(row, col+1);
  } else {
    for (int num = 1; num < 10; num++) {
      if (checkRow(row,num) && checkCol(col,num) &&
      checkBox(row, col, num)) {
        sudokuArray[row][col] = num;
      }
      if (solve(row, col + 1)) {return true;}
    }
  }
  sudokuArray[row][col] = 0;
  return false;
}
```

Dynamische Programmierung

Lösung mit ***bereits berechneten Ergebnissen*** finden.

```
public static long dynamisch(int n) {
  long[] f = new long[n+2];
  f[0] = 0;
  f[1] = 1;
  for (int i = 2; i <= n; i++) {
    f[i] = f[i-1] + f[i-2]
  }
  return f[n];
}
```

Rekursiv

```
static int[] reverseArray(
  int[] a, int i, int j) {
    if (i < j) {
      int temp;
      temp = a[j];
      a[j] = a[i];
      a[i] = temp;
      reverseArray(a, i + 1, j - 1);
    }
  return a;
}
```

Iterativ

```
static int[] iterativReverseArray(
  int[] a, int i, int j) {
    while (i < j) {
      int temp;
      temp = a[j];
      a[j] = a[i];
      a[i] = temp;
      i = i + 1;
      j = j - 1;
    }
  return a;
}
```

Rekursion

Rekursionsabbruch: Werte der Parameter, für die kein rekursiver Aufruf ausgeführt wird. In jeder Rekursion muss es einen ***Base Case*** geben, welcher die Rekursion nicht weiterführt.
Rekursive Aufrufe: Rufen sich selbst wieder auf und bewegen sich Richtung Base Case
Lineare Rekursion: Ein rekursiver Aufruf startet höchstens einen weiteren rekursiven Aufruf
Binäre Rekursion: Rekursiver Aufruf macht höchstens zwei rekursive Aufrufe
Mehrfache Rekursion: Rekursiver Aufruf macht mehr als 2 weitere rekursive Aufrufe
Endrekursion: Funktion, bei der rekursiver Aufruf letzter Schritt ist. Weniger Speicherbedarf auf Call Stack und kann in iterative Funktion umgewandelt werden
Teile und Herrsche: Problem aufteilen, in kleinere Probleme aufteilen und Funktion rekursiv mit kleinerer Eingabemenge aufrufen

Ohne Endrekursion:

```
private static int recsum(int x) {
  if (x == 0) {
    return 0;
  } else { //Addition ist letzte Anweisung
    return x + recsum(x - 1);
  }
}
```

Mit Endrekursion:

```
private static int tailrecsum(int x, int total) {
  if (x == 0) {
    return total;
  } else {
    return tailrecsum(x - 1, total + x);
  }
}
```

Iterative Version von Endrekursion:

```
private static int tailsum(int x) {
  int total = 0;
  for (; x > 0; x--) { total += x; }
  return total;
}
```

Lineare Rekursion:

```
static int[] reverseArray(int[] a, int I, int j) {
  if (i < j) {
    int temp; temp = a[j];
    a[j] = a[i]; a[i] = temp;
    reverseArray(a, i + 1, j - 1);
  }
  return a;
}
```

Palindrome Checker

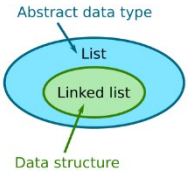
```
Public boolean palindrom (String word) {
  int length = word.length();
  if (length < 2) {return true; } else {
    if (word.charAt(0) != word.charAt(length-1)) {
      return false
    } else {
      return palindrom(word.substring(1, length-1));
    }
  }
}
```

Dezimal zu Binär

```
public static int decimalToBinary(int decimal) {
  if (decimal == 0) {
    return 0;
  } else {
    return (decimal%2)+(10*(decimalToBinary(decimal/2)));
  }
}
```

7. ABSTRAKTER DATENTYP (ADT)

ADT: Abstraktion einer konkreten Datenstruktur, beschreibt das «was», nicht das «wie». In Java als Interface realisiert. Er beschreibt Attribute, Operationen auf den Attributen und Ausnahmen und Fehler.



Datenstruktur: Speichert / Organisiert Daten, konkrete Implementierung der Schnittstelle
Ziel: Kapselung (Nutzung ausschliesslich über Schnittstelle) / Geheimnisprinzip (Interne Realisierung ist verborgen)
Beispiel: Der abstrakte Datentyp Stack beschreibt eine Reihe von Funktionen (z.B. `pop()`, `push()`). Diese können auf unterschiedliche Art und Weise (z.B. mit Array oder einer Liste) implementiert werden.

8. ANALYSE VON ALGORITHMEN

Empirische Laufzeitmessung

Algorithmus implementieren und mit unterschiedlichen Eingaben ausführen. Ergebnisse aufzeichnen und vergleichen.

Herausforderungen: Ergebnisse können durch Störungen in Hardware, Software und Systembelastung verfälscht werden. Algorithmus muss implementiert werden, Eingaben beeinflussen Ergebnis.

Vorteilhaft: Wenn Laufzeit abhängig ist von externen Faktoren, tatsächliche Performance wird gemessen. Oder wenn Algorithmus bereits auf einem konkreten System implementiert ist und die Laufzeit dort gemessen werden kann.

Big-O Notation

Mit Big-O Notation lässt sich ***Laufzeit*** und ***Speicherverbrauch*** eines Algorithmus mittels ***algebraischer Terme*** beschreiben. ***Konzentration*** auf dem ***Worst Case***.

$f(n)$ ist $O(g(n))$ falls reelle, positive Konstante $c > 0$, Ganzzahl-Konstante $n_0 \geq 1$, sodass

$$f(n) \leq cg(n) \text{ für } n \geq n_0$$

Unser Algorithmus — Komplexitätsklasse

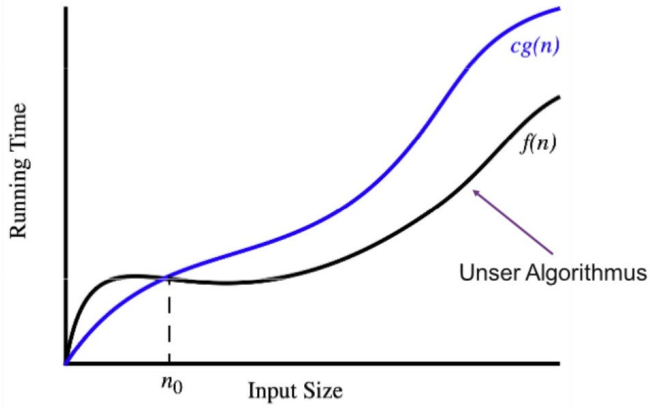
Vorteile bei Betrachtung vom Worst-Case
Einfache Analyse, vermeidet Unsicherheit, Gut für Anwendungen, die garantierte Antwortzeiten benötigen

Limitation

- Konstanten werden ignoriert (Wenn diese sehr gross ist, ist dies ein Problem)

- Kann Bereich geben wo Funktion mit schlechterer Komplexität schneller ist

Regeln
- Falls $f(n)$ ein Polynom vom Grad d ist, dann ist $f(n) \in O(n^d)$
- Jeweils optimalste Funktion verwenden (tiefst mögliche Potenz)
- So stark wie möglich vereinfachen
  $3n + 5$ ist $O(n)$ und nicht $O(3n)$



Wachstumsrate	*Name*	*Beschreibung*
1	Konstant	Statement (1 Linie Code)
$\log(n)$	Linear	In Hälfte teilen (Binäre Suche)
n	Logarithmisch	Loop
$n * \log(n)$	Linearithmische	Sortieralgorithmen (Merge Sort)
n^2	Quadratisch	Doppelter Loop
n^3	Kubisch	Dreifacher Loop
2^n	Exponential	Brute Force

Ablauf
- Pseudocode verfassen
- Neben den Code schreibem wie viele Operationen, bzw. wie Laufzeit
- Zusammenzählen, höchster Polynomwert ist Laufzeit

Algorithm *arrayMax(A, n)*	# Operationen	
currentMax ← *A*[0]	1 Indexierung + 1 Zuweisung:	2
for *i* ← 1 **to** *n* − 1 **do**	1 Zuweisung + n (Subtraktion + Test):	$1 + 2n$
if *A*[*i*] > *currentMax* **then**	(Indexierungen + Test) $(n-1)$	$2(n-1)$
currentMax ← *A*[*i*]	(Indexierungen + Zuweisung) $(n-1)$	$0 \mid 2(n-1)$
increment *i*	(Inkrement + Zuweisung) $(n-1)$	$2(n-1)$
return *currentMax*	1 Verlassen der Methode	1

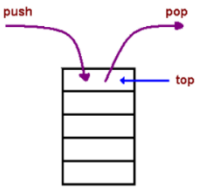
Worst Case: $2 + (1 + 2n) + 2(n-1) + 2(n-1) + 2(n-1) + 1 = 8n - 2$

Best Case: $2 + (1 + 2n) + 2(n-1) + 0 + 2(n-1) + 1 = 6n$

Beweisen Sie: $8n^4 + 3n^2 + 4 \leq cn^4$ ist $O(n^4)$
Gesucht: $c > 0$ und $n_0 \geq 0$, sodass $8n^4 + 3n^2 + 4 \leq cn^4$ für $n \geq n_0$
$8n^4 + 3n^2 + 4 \leq cn^4$
$3n^2 + 4 \leq cn^4 - 8n^4$
$3n^2 + 4 \leq (c-8)n^4$
$\frac{3n^2 + 4}{c - 8} \leq n^4$
$3n^2 + 4 \leq n^4$
$4 \leq n^4 - 3n^2$
Lösung: $c = 9, n_0 = 2$

9. DATA STRUCTURES

Stack



Grundprinzip: ***Last in – First Out (LIFO).***
Zeitkomplexität: Pop und Push Operationen sind beide $O(1)$

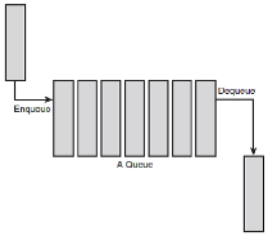
- `void push(<E> e):` Element auf Stapel legen.
- `<E> pop():` Oberstes Element entfernen und zurückgeben
- `<E> top():` Liefert zuletzt eingefügtes Element, ohne dieses zu entfernen
- `int size():` Zahl gespeicherter Elemente
- `boolean isEmpty():` Zeigt, ob Stack leer ist

```
class Stack {
  private int arr[];
  private int top;
  private int capacity;
  Stack(int size) {
    arr = new int[size];
    capacity = size;
    top = -1;
  }
  public void push(int x) {
    if (isFull()) {
      System.out.println("OverFlow Program Terminated");
      System.exit(1);
    }
    System.out.println("Inserting " + x);
    arr[++top] = x;
  }
  public int pop() {
    if (isEmpty()) {
      System.out.println("STACK EMPTY");
      System.exit(1);
    }
    return arr[top--];
  }
  public int size() {return top + 1;}
  public Boolean isEmpty() { return top == -1; }
  public Boolean isFull() {return top == capacity - 1;}
}
```

Linked List

Sequenz von Knoten (Element + Zeiger zum nächsten Knoten).

Queue



Grundprinzip: ***First in – First Out (FIFO).***
Einfügen am Ende, Entfernen am Anfang. Zeitkomplexität: Pop und Push Operationen sind beide $O(1)$

- `enqueue(e):` Element am Ende der Queue einfügen
- `E dequeue():` Element vom Anfang der Queue entfernen und zurückgeben
- `E first():` Liefert erstes Element, ohne es zu entfernen
- `integer size():` Anzahl gespeicherter Elemente
- `boolean isEmpty():` Queue leer?

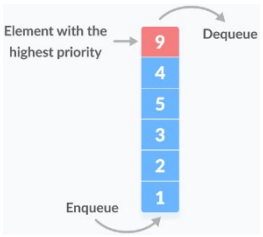
```
public class Queue {
  int SIZE = 5;
  int items[] = new int[SIZE];
  int front, rear;
  Queue() { front = -1; rear = -1;}
  boolean isFull() {
    return front == 0 && rear == SIZE - 1;
  }
  boolean isEmpty() {return front == -1;}
  void enQueue(int element) {
    if (isFull()) {
      System.out.println("Queue is full");
    } else {
      if (front == -1) {
        front = 0;
        rear++;
        items[rear] = element;
        System.out.println("Inserted " + element);
      }}}
  int deQueue() {
    int element;
    if (isEmpty()) {
```

```
      System.out.println("Queue is empty");
      return -1;
    } else {
      element = items[front];
      if (front >= rear) {
        front = -1;
        rear = -1;
      } else {front++; }
      System.out.println("Deleted -> " + element);
      return (element);
    }}}
```

Ringbuffer

```
public void enqueue(E element){
  if(this.storedElements == this.capacity){
    throw new IllegealStateException();
  } else{
    int r = (this.frontElement + this.storedElements) %
    this.capacity;
    this.data[r] = element;
    this.storedElements++;
  }
}
public void dequeue(){
  if(this.isEmpty()){
    return null;
  } else{
    E elem = this.data[this.frontElement];
    this.frontElement = (this.frontElement + 1) %
    this.capactiy;
    this.storedElements--;
    return elem;
  }}
```

Priority Queue



Grundprinzip: Einfügen von Werten mit Priority k, Liste ist nach k sortiert.
Anwendung: Dijkstra-Algorithmus, Datenkompression in Huffman Code

- `E insert(K k,V v)`: Fügt Eintrag mit Schlüssel k und Wert v ein
- `E removeMin()`: Entfernt Eintrag mit kleinstem Schlüssel und gibt ihn zurück
- `E min()`: Liefert Eintrag mit kleinstem Schlüssel ohne ihn zu entfernen
- `int size()`: Anzahl Elemente in Queue
- `boolean isEmpty()`: Sind Elemente in der Queue?

Methode	*Unsorted List*	*Sorted List*
Size	$O(1)$	$O(1)$
isEmpty	$O(1)$	$O(1)$
Insert	$O(1)$	$O(n)$
Min	$O(n)$	$O(1)$
removeMin	$O(n)$	$O(1)$

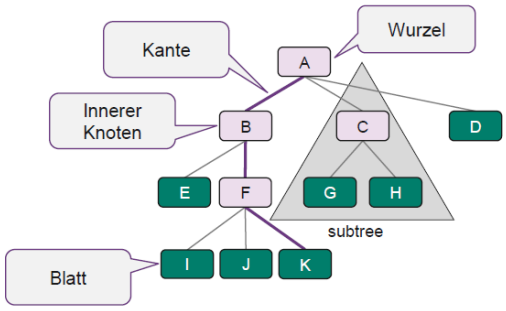
Adaptable Priority Queue ADT:
Gleiches Interface wie Priority Queue, aber mehr Methoden

- `E remove(E e)`: Entfernt Eintrag
- `boolean replaceKey(E e, K k)`: Schlüssel des Eintrags ersetzen
- `boolean replaceValue(E e, V v)`: Wert des Eintrags ersetzen

```
//Insert unsortierte Liste:
public Entry<K,V> insert (K key, V value) {
  Entry<K,V> newest= new PriorityQueueEntry<>(key, value);
  list.add(newest);
  return newest;
}

//RemoveMin unsortierte Liste:
public Entry<K,V> removeMin() {
  if (list.isEmpty()) {return null;}
  var entry = findMin();
  list.remove(entry);
  return entry;
}

//Min unsortierte Liste:
public Entry<K,V> min() {
  if (list.isEmpty()) {return null;}
  return findMin();
}
private Entry<K,V> findMin() {
  Entry<K,V> small = list.get(0);
  for (Entry<K,V> walk : list) {
    if (compare(walk, small) < 0) {small = walk;}
  }return small;
}

//Insert sortierte Liste:
public Entry<K, V> insert(K key, V value) {
  var newest = new PriorityQueueEntry<>(key, value);
  if (list.size() == 0) {
    list.add(newest);
    return newest;
  }
  Entry<K,V> walk = list.get(list.size() - 1);
  int index = 0;
  for (index = list.size() - 1; index >= 0 &&
  compare(newest, walk) > 0; index--) {
    walk = list.get(index);
  }
  if (index == -1) {list.add(newest);}
  else {list.add(index, newest);}
  return newest;
}

//RemoveMin sortierte Liste:
public Entry<K, V> removeMin() {return list.remove(0);}

//Min sortierte Liste:
public Entry<K, V> min() {return list.get(0);}
public int size() {return list.size();}
public boolean isEmpty() {return list.isEmpty();}
```

Trees / Bäume

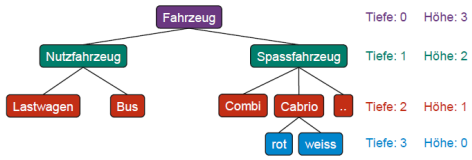
Zweidimensionale Datenstruktur, welche eine ***hierarchische Beziehung*** darstellt.



- ***Wurzel:*** Knoten ohne Elternknoten
- ***Innerer Knoten:*** Knoten mit min. einem Kind
- ***Blatt:*** Knoten ohne Kinder
- ***Vorgängerknoten:*** Eltern, Grosseltern, …
- ***Geschwister:*** Knoten mit selben Eltern
- ***Tiefe eines Knotens:*** Anzahl Vorgänger (Start bei 0)
- ***Höhe des Baums:*** Maixmale Tiefe der Knoten
- ***Subtree (Unterbaum):*** Baum aus einem Knoten und seinen Nachfolgern

```
import java.util.Iterator;
public interface Tree<E> extends Iterable<E> {
  Node<E> root();
  Node<E> parent(Node<E> p);
  Iterable<Node<E>> children(Node<E> p);£
  Int numChildren(Node<E> p);
  boolean isInternal(Node<E> p);
  boolean isExternal(Node<E> p);
  boolean isRoot(Node<E> p);
}
```

Tiefe berechnen



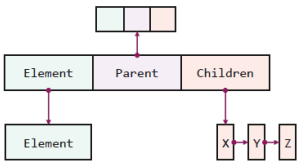
- v ist Wurzel des Baums: Tiefe von v ist 0
- v nicht Wurzel des Baums: 1 + Tiefe des Eltern-Knotens

```
public int depth(Node<E> p) {
  if(isRoot(p)) {return 0;}
  else {return 1 + depth(parent(p));}
}
```

Höhe berechnen

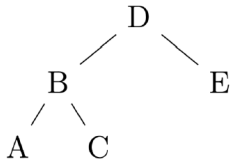
```
public int height(Node<E> p) {
  int h = 0;
  for (Node<E> c : children(p)) {
    h = Math.max(h, 1 + height(c));
  } return h;
}
```

Binärer Baum



Spezialform vom Baum. Jeder Knoten hat ***höchstens zwei Kinder***. Kinder eines Knotens sind ein ***geordnetes Paar*** (links, rechts). Jeder Knoten ist ein Objekt mit Element, Elternknoten und Folge von Kindknoten.

```
public interface BinaryTree<E> extends Tree<E> {
  Node<E> left(Node<E> p);
  Node<E> right(Node<E> p);
  Node<E> sibling(Node<E> p);
  Node<E> addRoot(E e);
  Node<E> addLeft(Node<E> p, E e);
  Node<E> addRight(Node<E> p, E e);
}
```



Traversierung

Methode	Beschreibung	Reihenfolge
Pre-Order (W-L-R)	Knoten wird **vor** seinen Kindern besucht	D,B,A,C,E
Post-Order (L-R-W)	Knoten wird **nach** seinen Kindern besucht	A,C,B,E,D
In-Order (L-W-R)	Knoten nach linkem Subtree und vor rechtem Subtree besuchen	A,B,C,D,E
Breadth-First	Alle **Knoten einer Stufe** besuchen, bevor Nachfolgeknoten besucht werden	D,B,E,A,C

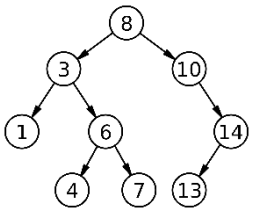
```
algorithm preOrder(v)
  visit(v)
  for each child w of v
    preOrder(w)
```

```
algorithm postOrder(v)
  for each child w of v
    postOrder(w)
  visit(v)
```

```
algorithm breadthFirst()
//Initialize queue + containing root
while Q not empty
  v = Q.dequeue()

  visit(v)
  for each child w in children(v)
    Q.enqueue(w)
```

```
algorithm inOrder(v)
  if hasLeft(v)
    inOrder(left(v))
  visit(v)
  if hasRight(v)
    inOrder(right(v))
```

Binärsuche / Binary Search Tree (BST)



Binärer Baum muss ***vollständig gefüllt*** sein (ausser evtl. letztes Element). Jeder Knoten muss ***grösser*** sein als alle Knoten im ***linken Teilbaum*** und ***kleiner*** als die Knoten im ***rechten Teilbaum***.

Anzahl Vergleiche x bei 8 Knoten: $2^x = 8, log_2\ 8 = 3$

```
int binarySearch(int array[], int x, int low, int high) {
 if (high >= low) {
  int mid = low + (high - low) / 2;
  if (array[mid] == x)  // Lösung gefunden
    return mid;
  if (array[mid] > x)  //linke Hälfte suchen
    return binarySearch(array, x, low,
    mid - 1);
    return binarySearch(array, x, mid + 1,
    high);
  return -1;
}
```

$O(\log n)$

Hash Map

Grundprinzip: Menge von Schlüssel-Wert Paaren von denen jeder Schlüssel unique ist.
Hashing: Hash-Funktion h bildet Schlüssel auf Indexwerte im Intervall `[0,n-1]` ab und bestimmt für Elemente e die Position `h(e)` im Feld. Ziel ist, Werte mit $O(1)$ lesen zu können.
Anomalien: Leerstellen sind Platzverschwendung. Ein Hash-Code für mehrere Einträge ergeben Kollisionen
Doppeltes Hashing: Zweite Hashfunktion d(x), falls Kollision entstanden ist. $h(x) + j * d(x)\ mod\ N, j$ = Anzahl Kollisionen, N = Tabellengrösse (oft Primzahl)
Erweiterbares Hashing: Vereinfacht vergrössern der Hashtabelle ohne Reallokation aller Werte. Verwendet erste Bit, binäres Ergebnis Hashfunktion $h(x)$. Überlauf + 1 Bit

Eigenschaften guter Hashfunktion: Konsistenz (Trotz wiederholtem Aufruf gleichen Hashcode), Effiziente Berechnung, Gleichmässige Verteilung der Schlüssel (geringe Anomalien)
Wichtig: Wenn `equals()` überschrieben wird muss im Normalfalls `hashcode()` auch überschrieben werden, sonst ergeben sich beim Einsatz von Maps Fehler
Erweiterung: 2 Teilfunktionen für Hashing verwenden. Hash-Funktion soll Schlüssel möglichst zufällig verteilen. Kompressionsfunktion soll Schlüssel in fixes Intervall transformieren
Beispiel Kompressionsfunktion: $h2(y) = y\ mod\ N$
Gleichheit: Referenzvergleich `equals()` standardmässig, Inhaltsvergleich `equals()` überschrieben (nur bei Strings implementiert)
Kollision: Mehrere Schlüssel werden auf einen Behälter abgebildet
Überlauf: Datensatz mit Schlüssel heisst Überläufer, wernn durch Hashfunktion zugewiesener Behälter schon voll ist
Offene Adressierung: Wenn Behälter voll ist, wird bei einer Kollision Platz im nächsten Behälter der Hashtabelle gesucht.
Geschlossene Adressierung: Behälter sind (verkettete) Listen, Platz nicht begrenzt, prinzipiell keine Überläufer. Wie lange dauert die Suche nach einem Eintrag? Einträge pro Bucket im Schnitt (Lastfaktor): $\alpha = \frac{n}{N}$, Lineare Suche im Kollisionsbereich: $\frac{n}{N}$
Separate Chaining: Jede Zelle der Hashtabelle zeigt auf Liste, einfache Umsetzung dafür zusätzliche Datenstruktur und Speicherbedarf
Offene Adressierung: Für Überläufer in anderen Behältern Platz suchen, Sondierungsfolge bestimmt Weg zum Speichern und Wiederauffinden der Überläufer
Lineare Sondierung: Überläufer in nächste verfügbare Zelle einfügen, durchsuchen bis leere Zelle gefunden wurde

Mögliche Methoden zum Hashen:
- ***Divisionsrestverfahren:*** $h(x) = x\ mod\ 10$
- ***Integer Cast:*** Schlüssel als Integer interpretieren
  `byte[] b = key.getBytes(StandardCharsets.UTF_16);`

```
    ByteBuffer wrapped = ByteBuffer.wrap(b);
    return wrapped.getInt();
```

- ***Komponentensumme:*** Schlüssel in Komponenten fester Länge unterteilen, Komponenten summieren, Overflow ignorieren

```
    int hash = 0;
    for (int i = 0; i < s.length(); i++) {
      hash += s.charAt(i);
    }
```

- ***Polynom-Akkumulation:*** Komponenten bei Komponentensumme unterschiedlich gewichten (Gut für Strings)

$p(z) = a_0 + a_1 * z + a_2 * z^2 + \cdots + a_{n-1} * z^{n-1}$

```
    int hash = 0;
    for (int i = 0; i < s.length(); i++) {
      hash += s.charAt(i) * Math.pow(31,(s.length()-i+1);
    }
    return hash;

private V findSlot(int indexInHashTable, K key) {
  int j = indexInHashTable;
  int slot = -1;
  do {
    if (isAvailable(j)) {
      slot = j; return slot;
    } else if (table[j].getKey().equals(key)) {
      slot = j; return slot;
    }
    j = (j+1) % capacity;
  } while (j != indexInHashTable);
  return slot;
}
```

Sondierung offene Adressierung

```
//Lineare Sondierung
private int findAvailableSlot(int indexInHashTable,K key){
  int probedIndex = indexInHashTable;
  do {
    if(isAvailable(probedIndex)) {
      return probedIndex;
    }
    else if(table[probedIndex].getKey().equals(key)) {
      return probedIndex;
    }
    probedIndex = this.probingFunction.apply(probedIndex)
    % capacity;
  } while (probedIndex != indexHashTable); return -1;
}
//Lineare Sondierung
@Override
public V get(K key) {
  int hashIndex = Math.abs(key.hashCode() % capacity);
  int availableSlot = findAvailableSlot(hashIndex, key);
  if(availableSlot == -1) {
    return null;
  }
  return table[availableSlot].getValue();
}
@Override
public V remove(K key) {
  int hashIndex = Math.abs(key.hashCode() % capacity);
  int indexInHashMap = probeForDeletion(hashIndex, key);
  if(indexInHashMap == -1){return null;}
  V answer = table[indexInHashMap].getValue();
  table[indexInHashMap] = DELETED;
  return answer;
}
```

Dynamisches Hashing

```
private int getPosition(Object o, int d) {
  BitSet bits = hashValueToBitSet(o);
  int pos = 0;
  for (int i = 0; i < d; i++) {
    pos *= 2;
    if(bits.get(i)) {
      pos++;
    }
  }
  return pos;
}
private void extenIndex() {
  int newSize = 1 << globalDepth;
  Block newIndex[] = new Block[newSize * 2];
  for(int i = 0; i newSize; i++) {
    newIndex[2 * i] = hashIndex[i];
    newIndex[2 * i + 1] = hashIndex[i]
  }
  hashIndex = newIndex;
  globalDepth++;
}
public void add(Object o) {
  int index = getPosition(o,a globalDepth);
  Block block = hashIndex[index];
  if(block.elements().contains(o)) {
    return;
  }
  while(block.elements().size() == MAXSIZE){
    if(block.getDepth() == globalDepth) {
      extendIndex();
      index = getPosition(o, globalDepth);
    }
    splitBlock(index);
    block = hashIndex[index];
  }
  block.elements().add(o);
}
```

Set

Sammlung ***gleichartiger Objekte***, erlaubt ***keine Duplikate***. Elemente haben ***keine Reihenfolge***.

- `add(e)`: Fügt e hinzu, falls noch nicht vorhanden
- `remove(e)`: Entfernt e, falls vorhanden
- `contains(e)`: Prüft, ob das Set e enthält
- `size()`: Gibt die Anzahl an Elementen zurück
- `isEmpty()`: Gibt zurück, ob das Set leer ist

```
@Override
public boolean add(E e) {
  if (list.contains(e)) {
    return false;
  } else {
    list.add(e);
    return true;
  }}
```

```
@Override
public boolean
contains(Object o) {
  return list.contains(o);
}
```

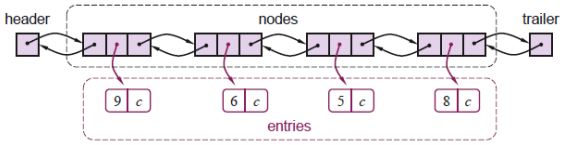
Multiset

Set mit ***erlaubten Duplikaten***.

- `get(e)`: Fügt ein Exemplar von e hinzu
- `remove(e)`: Ein Exemplar von e entfernen
- `remove(e,n)`: n Exemplare von e entfernen
- `contains(e)`: Prüft, ob das Set mindestens ein e enthält
- `count(e)`: Gibt die Anzahl an Exemplaren von e zurück

Map

Speichert ***Schlüssel-Wert Paare***. ***Schlüssel*** sind ***einzigartig***, je Schlüssel genau ein Wert.



- `get(k)`: Wert mit Schlüssel k zurückgeben, sonst null
- `put(k,v)`: `Entry(k,v)` hinzufügen und `null` zurückgeben; Sonst vorhandenen Wert durch v ersetzen und alten Wert zurückgeben
- `remove(k)`: Eintrag zum Schlüssel k entfernen und Wert zurückgeben; wenn kein Eintrag vorhanden, null zurückgeben
- `size()`: Gibt die Anzahl an Elementen zurück
- `isEmpty()`: Gibt zurück, ob das Set leer ist
- `keySet()`: Iterierbare Collection mit allen Schlüsseln
- `values()`: Iterierbare Collection mit allen Werten
- `entrySet()`: Iterierbare Collection mit allen Einträgen

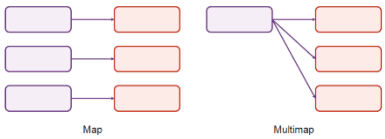
Implementierung mit unsortierter Liste

```
public v get(K key, V value) {
  var iter = this.list.iterator();
  while (iter.hasNext()) {
    var node = iter.next();
    if (node.getKey().equals(key)) {
      V t = node.getValue();
      node.setValue(value);
      return t;}
  }
  this.list.addLast(new ListNode<K,V>(key, value));
  return null;
}

public V put(K key, V value) {
  var iter = this.list.iterator();
  while(iter.hasNext()) {
    var node iter.next();
    if(node.getKey().equals(key)) {
      V t = node.getValue();
      node.setValue(value);
      return t;}
  }
  this.list.addLast(new ListNode<K,V>(key, value));
  return null;
}

public V remove(K key) {
  var iter = this.list.iterator();
  while(iter.hasNext()) {
    var node = iter.next();
    if(node.getKey().equals(key)) {
        V val = node.getValue();
        list.remove(node);
        return val;}
  }
  return null;
}
```

Laufzeit

	Schlechtester Fall	*Bester Fall*
`put()`	$O(n)$	$O(1)$
`get()`	$O(n)$	–
`remove()`	$O(n)$	–

`Multimap`



Entspricht einer Map, wobei es zu ***einem Key mehrere Values*** geben kann.

- `get(k)`: Gibt Collection aller Werte zurück, die mit e verknüpft sind.
- `put(k,v)`: Fügt neuen Eintrag hinzu, zusätzliches Mapping von k auf v
- `remove(k,v)`: Mapping zwischen k und v entfernen, falls eines existiert
- `removeAll(k)`: Alle Einträge mit dem Key k entfernen

10. DESIGN PATTERNS

Motivation: ***Wiederverwendbare Lösungen*** für wiederkehrende Probleme verwenden. Lösung ist ***abstrakt*** und in ***neuen Kontexten anwendbar***.

Elemente

- ***Mustername:*** Benennung des Patterns
- ***Problem:*** Beschreibung, wann das Pattern anzuwenden ist
- ***Lösung:*** Elemente aus denen Pattern besteht
- ***Konsequenzen:*** Vor- und Nachteile bei Anwendung des Patterns

Erzeugungsmuster: Abstrahieren Instanziierung (Factory, Singleton, …)
Strukturmuster: Zusammensetzung von Klassen & Objekten zu grösseren Strukturen (Adapter, Fassade, …)
Verhaltensmuster: Algorithmen und Verteilung von Verwantwortung zwischen Objekten (Iterator, Visitor, …)

`Iterator`

Auf Elemente eines Aggregatsobjekt sequenziell zugreifen, ***ohne zugrunde liegende Repräsentation offenzulegen***.

```
Public interface Iterator<E> {
  boolean hasNext();
  E next() throws NoSuchElementException;
  void remove() throws UnsupportedOperationException,
  IllegalStateException;
}
while (iter.hasNext()) {
  string value = iter.next();
  system.out.println(value);
} for (Element v : collection) {}
```

For mit Iterator

```
for (Iterator<String> i = stringList.iterator();
i.hasNext();) {String s = i.next();System.out.println(s);}
```

Lazy Iterator: Iteration auf originaler Datenstruktur. Niedrigere Speicherkosten $O(1)$. Änderungen der Datenstruktur verunmöglichen jedoch Iteration. Fehl-Verhalten bei unerwarteten Modifikationen der Ausgangs-Datenstruktur.

Thread 1	Thread 2
`Iterator it = list.iterator()`	
`it.hasNext():true`	
	`list.remove()`
`it.next()`	

Snapshot-Iterator: Original-Datenstruktur beibehalten. Kopie der Ausgangs-Datenstruktur erzeugen, Änderungen auf Ausgangs-Datenstruktur beinflussen Iteration nicht. $O(n)$ Speicher und Laufzeit.

```
public SArrLiIter(T[] elem,int size,Comparator<T> comp) {
  this.elements = copy(elements, size);
  Arrays.sort(this.elements, comp);
  this.comparator = comp;
}
```

`Visitor`

Trennung von ***Algorithmen*** und ***Datenstrukturen,*** auf denen sie operieren. Ziel ist es, Algorithmen nicht über Datenstrukturen zu verteilen.

Anwendung:

- Beschreibt Operationen auf Elementen einer ***anderen Objektstruktur***
- Neue Operation definieren, ***ohne*** Klassen auf denen operiert wird zu ***ändern***
- Klassen ***nicht*** mit zusätzlichen Operationen ***verkomplizieren***
- Zusammenhängende Operationen in einer Klasse ***zusammenfassen***

`Adapter (auch Wrapper)`

Strukturmuster: Fungiert als Verbindungsstück zwischen zwei inkompatiblen Schnittstellen, die sonst nicht direkt verbunden werden können. Das Hauptziel dieses Musters besteht darin, eine vorhandene Schnittstelle in eine andere umzuwandeln, die der Client erwartet.

Objekt-Adapter:

```
class Adapter extends X {
    private Y yObj;
    public void a() {
        yObj.b();
    }
}
```

Klassen-Adapter:

```
class Adapter extends Y
implements X {
    public void a() {
        b();
    }
}
```

`Template-Method`

Backbone eines Algorithmus ***definieren***, ***Teilschritte*** später in ***Subklassen spezifizieren***. Lässt Subklassen Teile des Algorithmus verfeinern, ohne Struktur des Algorithmus zu verändern. Gemeinsame, unveränderliche Teile werden in abstrakter Klasse implementiert (***Template***). Variable Schritte werden in Methoden ***ausgelagert***. ***Anwendung:*** Frameworks