Vorlesung

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Programmieren I und II

Unit 5

Rekursive Programmierung und rekursive Datenstrukturen,

Lambda-Ausdrücke und Streams

Java 8

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Prof. Dr. rer. nat.
Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme

- **Raum: 17-0.10**
- **Tel.:** 0451 300 5549
- **Email: kratzke@fh-luebeck.de**

@NaneKratzke
Updates der Handouts auch über Twitter #prog_inf und #prog_itd

Units

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

1. Semester	Unit 1 Einleitung und Grundbegriffe	Unit 2 Grundelemente imperativer Programme	Unit 3 Selbstdefinierbare Datentypen und Collections	Unit 4 Einfache I/O Programmierung
	Unit 5 Rekursive Programmierung, rekursive Datenstrukturen, Lambdas	Unit 6 Objektorientierte Programmierung und UML	Unit 7 Konzepte objektorientierter Programmiersprachen, Klassen vs. Objekte, Pakete und Exceptions	Unit 8 Testen (objektorientierter) Programme
2. Semester	Unit 9 Generische Datentypen	Unit 10 Objektorientierter Entwurf und objektorientierte Designprinzipien	Unit 11 Graphical User Interfaces	Unit 12 Multithread Programmierung

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
3

Abgedeckte Ziele dieser UNIT

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Kennen existierender Programmierparadigmen und Laufzeitmodelle	Sicheres Anwenden grundlegender programmiersprachlicher Konzepte (Datentypen, Variable, Operatoren, Ausdrücke, Kontrollstrukturen)	Fähigkeit zur problemorientierten Definition und Nutzung von Routinen und Referenztypen (insbesondere Liste, Stack, Mapping)	Verstehen des Unterschieds zwischen Werte- und Referenzsemantik
Kennen und Anwenden des Prinzips der rekursiven Programmierung und rekursiver Datenstrukturen, sowie Lambda Funktionen	Kennen des Algorithmus-begriffs, Implementieren einfacher Algorithmen	Kennen objektorientierter Konzepte Datenkapselung, Polymorphie und Vererbung	Sicheres Anwenden programmiersprachlicher Konzepte der Objektorientierung (Klassen und Objekte, Schnittstellen und Generics, Streams, GUI und MVC)
Kennen von UML Klassendiagrammen, sicheres Übersetzen von UML Klassendiagrammen in Java (und von Java in UML)	Kennen der Grenzen des Testens von Software und erste Erfahrungen im Testen (objektorientierter) Software	Sammeln erster Erfahrungen in der Anwendung objektorientierter Entwurfsprinzipien	Sammeln von Erfahrungen mit weiteren Programmiermodellen und -paradigmen, insbesondere Mulithread Programmierung sowie funktionale Programmierung

Am Beispiel der Sprache JAVA

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
4

Themen dieser Unit

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Rekursive Routinen

- Rekursiv definierte Methoden
- Beispiele für rekursive Methoden
- Formulierung rekursiver Methoden

Rekursive Algorithmen und Datenstrukturen

- Algorithmus
- Rekursive Datenstrukturen (Binärbäume)
- BubbleSort (imperativ) vs BinSort (rekursiv)

Lambdas

- Anonyme Funktionen
- Streams
- Filter
- Map
- Reduce

Zum Nachlesen ...

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Kapitel 6

Methoden und Unterprogramme

Abschnitt 6.2

Rekursiv definierte Methoden

Rekursive Routinen

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Unter rekursiven Methoden versteht man Methoden, die sich selber aufrufen.
- Rekursionen können dazu genutzt werden, um Kontrollanweisungen – wie z.B. Schleifen – zu vermeiden und durch Aufrufstrukturen abzubilden.
- Diverse Funktionen und Strukturen der Mathematik sind rekursiv definiert.
- Einige komplexe Probleme (z.B. Türme von Hanoi) lassen sich erstaunlich einfach rekursiv formulieren und lösen.
- Die Entwicklung rekursiver Methoden fördert ferner das **abstrakte Denk- und Analysevermögen** und ist so wertvoll im Rahmen der Informatikausbildung.

Beispiel: Fakultät – eine rekursiv definierte mathematische Funktion

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Die Fakultät von 0 ist 1.
- Die Fakultät einer positiven Zahl n ist n multipliziert mit der Fakultät von n-1.

$$n! = \begin{cases} 1 & falls \quad n = 0 \\ n \cdot (n-1)! & falls \quad n \neq 0 \end{cases}$$

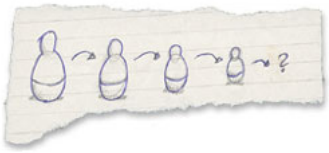
- Die Fakultät einer Zahl n ist also das Produkt aller ganzen Zahlen von 1 bis zu dieser Zahl n.

$$n! = n \cdot (n-1) \cdot (n-2) \cdot \ldots \cdot 1$$

Exkurs: Rekursion
Beispiel – Fakultät in JAVA (I)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

```
public int fac(int n) {
   if (n == 0) return 1;
   return fac(n-1) * n;
}
```



- fac(3) =
- fac(2) * 3 =
- fac(1) * 2 *3 =
- fac (0) * 1 * 2 * 3 =
- 1 * 1 * 2 * 3 =
- 6

$$fac(1) = 1 * fac(0)$$
$$fac(2) = 2 * fac(1 * fac(0))$$
$$fac(3) = 3 * fac(2 * fac(1 * fac(0)))$$

Exkurs: Rekursion
Beispiel – Fakultät in JAVA (II)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

```
public int fac(int n) {
   if (n == 0) return 1;
   return fac(n-1) * n;
}
```

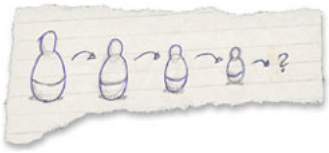
- Die Anzahl der Multiplikationen wird also in der dynamischen Aufrufstruktur der Methode `fac` abgebildet und nicht explizit codiert
- Iterativ kann das wie folgt durch eine for-schleife ausgedrückt werden.

```
public int facit(int  n) {
  int ret = 1;
  for (int i = n; i > 0; i--)
    ret *= i;
  return ret;
}
```

Rekursionsabbruch

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Bei rekursiv definierten Methoden ist es wesentlich, sicherzustellen, dass die Rekursion endet.
- Die Bedingung die hierfür zuständig ist, nennt man **Rekursionsabbruchbedingung**
- Sie sollte beim Programmieren als erster Problembestandteil formuliert werden und stellt zumeist den einfachsten Fall
  - trivialen
  - aber häufig übersehenen Sonderfall
- dar.



Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
11

Entwicklung einer rekursiven Methode

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Schritt 1:
Formulierung des Methodenkopfes (Signatur)

Schritt 2:
Definition des Rekursionsabbruchs

Schritt 3:
Formulierung des Falls n und Rückführung auf den Fall n-1

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
12

Beispiel: Rekursive Summe (I)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Rekursive Implementierung der Addition der Zahlen 0 bis n.

$$sum(n) = \sum_{i \in 0..n} i = 0 + 1 + 2 + ... + n$$

$$sum(n) = \begin{cases} 0 & falls \quad n = 0 \\ n + sum(n-1) & falls \quad n > 0 \end{cases}$$

Formulierung des Methodenkopfes (Signatur)

Definition des Rekursionsabbruchs

Formulierung des Falls n und Rückführung auf den Fall n-1

```
public static int sum(int n) {



}
```


Beispiel: Rekursive Summe (II)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Rekursive Implementierung der Addition der Zahlen 0 bis n.

$$sum(n) = \sum_{i \in 0..n} i = 0 + 1 + 2 + ... + n$$

$$sum(n) = \begin{cases} 0 & falls \quad n = 0 \\ n + sum(n-1) & falls \quad n > 0 \end{cases}$$

Formulierung des Methodenkopfes (Signatur)

Definition des Rekursionsabbruchs

Formulierung des Falls n und Rückführung auf den Fall n-1

```
public static int sum(int n) {
   if (n == 0) {
      return 0;
   }

}
```

Beispiel: Rekursive Summe (III)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Rekursive Implementierung der Addition der Zahlen 0 bis n.

$$sum(n) = \sum_{i \in 0..n} i = 0 + 1 + 2 + ... + n$$

$$sum(n) = \begin{cases} 0 & falls \quad n = 0 \\ n + sum(n-1) & falls \quad n > 0 \end{cases}$$

Formulierung des Methodenkopfes (Signatur)

Definition des Rekursionsabbruchs

Formulierung des Falls n und Rückführung auf den Fall n-1

```
public int sum(int n) {
   if (n == 0) {
      return 0;
   } else {
     return n + sum(n-1);
   }
}
```


Beispiel: Rekursive Summe (IV)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Rekursive Implementierung der Addition der Zahlen 0 bis n.

$$sum(n) = \sum_{i \in 0..n} i = 0 + 1 + 2 + ... + n$$

$$sum(n) = \begin{cases} 0 & falls \quad n = 0 \\ n + sum(n-1) & falls \quad n > 0 \end{cases}$$

```
// Ich schreibe Rekursionen gerne auch so ...
// Vergleiche mit mathematischer Definition oben!
// In der Kürze liegt die Würze! else ist häufig
// unnötig.
public int sum(int n) {
   if (n == 0) return 0; // Rekursionsabbruch
   return n + sum(n-1);  // Rekursion
}
```

Beispiel: Rekursive Summe (V)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Rekursive Implementierung der Addition der Zahlen 0 bis n.

$$sum(n) = \sum_{i \in 0..n} i = 0 + 1 + 2 + ... + n$$

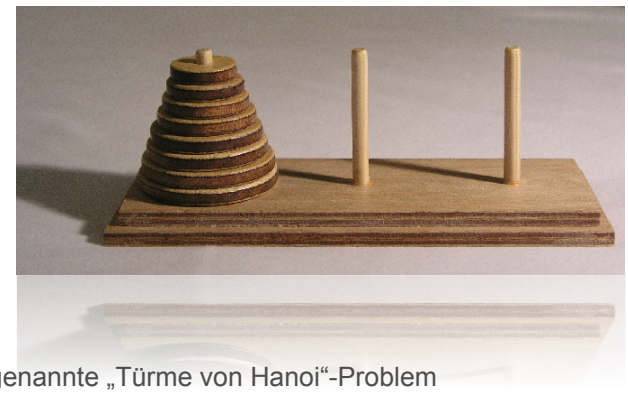
$$sum(n) = \begin{cases} 0 & falls \quad n = 0 \\ n + sum(n-1) & falls \quad n > 0 \end{cases}$$

```
// Und man kann das natuerlich auch elegant
// mit einer bedingten Auswertung formulieren.

public int sum(int n) {
   return n == 0 ? 0 : n + sum(n-1);
}
```


Komplexe Probleme mit einfachen Rekursionen lösen

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Wie bekommen Sie alle Scheiben von dem linken Stab auf den rechten Stab, wenn nur kleinere Scheiben auf größeren Scheiben auf den Stäben liegen dürfen und pro Zug nur ein Stein bewegt werden darf?



Das sogenannte „Türme von Hanoi“-Problem

Geschichte der Türme von Hanoi

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Nach dem franz. Mathematiker **Eduard Lucas** (1842 - 1891) geht das Problem angeblich auf indische Mönche im großen Tempel zu Benares (im vermeintlichen Mittelpunkt der Welt) zurück, die einen Turm aus 64 goldenen Scheiben versetzen müssen. Wenn Ihre Arbeit vollendet ist, ist das Ende der Welt gekommen.

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
19

Die Strategie der Mönche

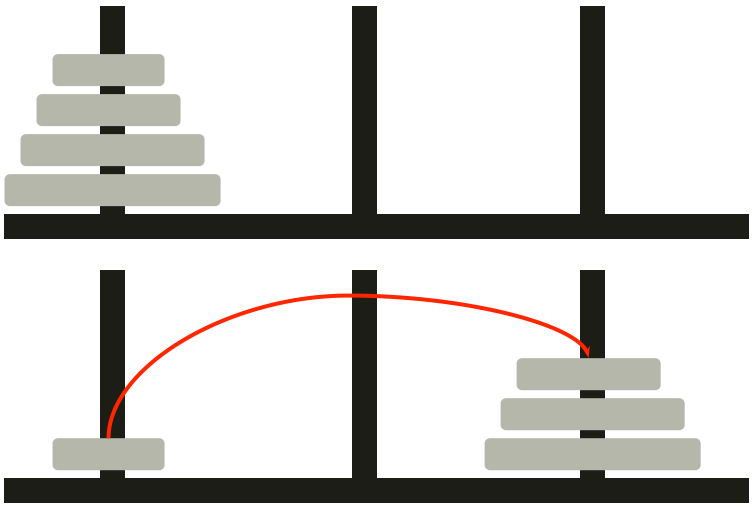
FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Der älteste Mönch erhält die Aufgabe, den Turm aus 64 Scheiben zu versetzen.
- Da er die komplexe Aufgabe nicht bewältigen kann, gibt er dem zweitältesten Mönch die Aufgabe, die oberen 63 Scheiben auf einen Hilfsplatz zu versetzen.
- Er selbst (der Älteste) würde dann die große letzte Scheibe zum Ziel bringen.
- Dann könnte der Zweitälteste wieder die 63 Scheiben vom Hilfsplatz zum Ziel bringen.
- Der zweitälteste Mönch fühlt sich der Aufgabe ebenfalls nicht gewachsen.
- So gibt er dem drittältesten Mönch den Auftrag, die oberen 62 Scheiben zu transportieren, und zwar auf den endgültigen Platz.
- Er selbst (der Zweitälteste) würde dann die zweitletzte Scheibe an den Hilfsplatz bringen.
- Schließlich würde er wieder den Drittältesten beauftragen, die 62 Scheiben vom Zielfeld zum Hilfsplatz zu schaffen.
- Dies setzt sich bis zum 64. Mönch (dem Jüngsten) fort, der die obenauf liegende kleinste Scheibe alleine verschieben kann.

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
20

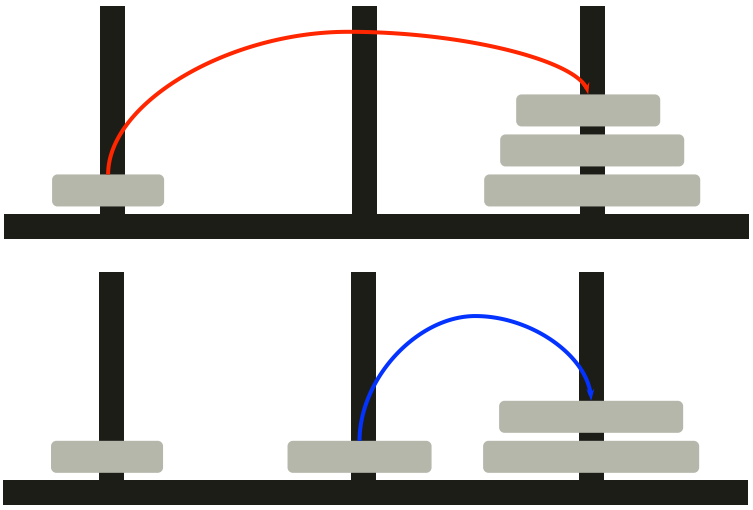
Die Problemlösung aus Sicht des ersten Mönchs

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences



Die Problemlösung aus Sicht des zweiten Mönchs (usw. usw.)

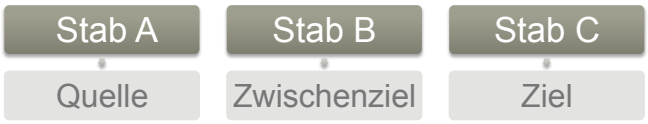
FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences



Die Strategie der Mönche als Algorithmus (I)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Der Algorithmus besteht im Wesentlichen aus einer Funktion *bewege*
  - *Parameter i ist die Anzahl der zu verschiebenden Scheiben bezeichnet,*
  - *Parameter a ist der Stab von dem verschoben werden soll,*
  - *mit b der Stab, der als Zwischenziel dient und*
  - *mit c der Stab, auf den die Scheiben verschoben werden sollen.*



Die Strategie der Mönche als Algorithmus (II)

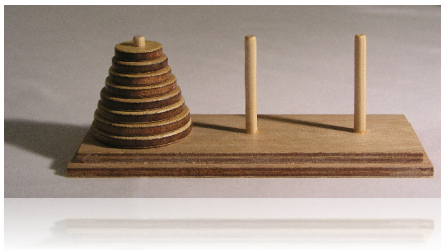
FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Die Funktion bewege löst ein Teilproblem dadurch, dass es dieses in drei einfachere Probleme aufteilt.
- Die drei Teilprobleme werden sequentiell ausgeführt.
  - Zunächst wird der um eine Scheibe kleinere Turm von a auf das Zwischenziel b verschoben. Die Stäbe b und c tauschen dabei ihre Rollen.
  - Anschließend wird die einzig verbliebene Scheibe von a nach c verschoben.
  - Zum Abschluss wird der zuvor auf b verschobene Turm auf seinen Bestimmungsort c verschoben, wobei hier a und b die Rollen tauschen

Die Strategie der Mönche als JAVA-Methode

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

```
public void bewege(int i, Stack a, Stack b, Stack c)
{
   if (i == 0) return;      // Rekursionsabbruch
   bewege(i - 1, a, c, b); // nächster Mönch
   c.push(a.pop());         // Setze deinen Stein
   bewege(i - 1, b, a, c); // nächster Mönch
}
```



Das Problem der Türme von Hanoi ist also mit einem rekursiven Vier-Zeiler zu lösen!

Die Türme von Hanoi

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Sie finden eine Menge Hinweise zu den Türmen von Hanoi, z.B. unter Wikipedia:

http://de.wikipedia.org/wiki/Türme_von_Hanoi

Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Gegeben sei folgende Liste:

```
List v = new LinkedList();
for (int i = 0; i < 10; i++) v.add(i);
```

Entwickeln Sie nun eine Methode `rekprint`, um eine `Liste` oben angegebener Art in folgender Form als `String` zurückzugeben:

`0-1-2-3-4-5-6-7-8-9`

Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Gegeben sei folgendes Array:

```
int[] as = { 1, 2, 3, 4, 5, 6 };
```

Entwickeln Sie nun eine Methode `rekprinta`, um ein `Array` oben angegebener Art in folgender Form als `String` zurückzugeben:

`1-2-3-4-5-6`

Zusammenfassung

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- **Rekursive Methoden**
  - Rufen sich selber auf
  - Komplexe Probleme einfach ausdrücken (Türme von Hanoi)
  - Ersetzen Kontrollanweisungen durch Aufrufstrukturen

- **Beispiele für Rekursionen**
  - Fakultät (einfach)
  - Summe von 0 bis n (einfach)
  - Türme von Hanoi (komplex)

- **Formulierung einer rekursiven Methode**
  - Definiere die Signatur (Methodenkopf)
  - Implementiere die Abbruchbedingung(en)
  - Implementiere den Fall n unter Rückgriff auf den Fall n-1 bzw. n+1

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
29

Themen dieser Unit

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Rekursive Routinen	Rekursive Algorithmen und Datenstrukturen	Lambdas
• Rekursiv definierter Methoden • Beispiele für rekursive Methoden • Formulierung rekursiver Methoden	• Algorithmus • Rekursive Datenstrukturen (Binärbäume) • BubbleSort vs BinSort	• Anonyme Funktionen • Streams • Filter • Map • Reduce

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
30

Zum Nachlesen ...

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

WIKIPEDIA
Die freie Enzyklopädie

Algorithmus

http://de.wikipedia.org/wiki/Algorithmus

Binärbaum

http://de.wikipedia.org/wiki/Binärbaum

BubbleSort

http://de.wikipedia.org/wiki/Bubblesort

BinSort

http://de.wikipedia.org/wiki/Binarytreesort

Algorithmen

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- **Ein Algorithmus ist eine aus endlich vielen Schritten bestehende eindeutige Handlungsvorschrift zur Lösung eines Problems**
- **Eigenschaften eines Algorithmus**
  - Das Verfahren muss in einem endlichen Text **eindeutig beschreibbar** sein (Finitheit)
  - Jeder Schritt des Verfahrens muss tatsächlich **ausführbar** sein (Ausführbarkeit)
  - Das Verfahren darf zu jedem Zeitpunkt nur **endlich viel Speicherplatz** benötigen (Dynamische Finitheit)
  - Das Verfahren darf nur **endlich viele Schritte** benötigen (terminierend)
- **Oftmals wird gefordert, dass ein Algorithmus deterministisch ist**
  - Der Algorithmus muss bei denselben Voraussetzungen das gleiche Ergebnis liefern (Determiniertheit des Ergebnisses)
  - Die nächste anzuwendende Regel im Verfahren ist zu jedem Zeitpunkt eindeutig definiert (Determinismus des Verfahrens)

Ein Beispiel für einen natürlichsprachigen Algorithmus zum Sortieren

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Sie haben eine Liste von Zahlen und sollen diese in eine aufsteigende Reihenfolge bringen.

Ein **Verfahrungsanweisung** hierfür könnte bspw. so aussehen:

1. Gehe davon aus, dass die Liste nicht sortiert ist.
2. Ist die Liste sortiert? Wenn ja Springe zu Schritt 6.
3. Behaupte ab sofort die Liste sei sortiert (denn das sollen die folgenden Schritte bezwecken).
4. Durchlaufe die Liste in aufsteigender Richtung Element für Element. Pro Schritt tue das folgende
    1. Betrachte immer zwei benachbarte Elemente
    2. Stehen diese in falscher Ordnung vertausche die Elemente
    3. Behaupte die Liste ist nicht sortiert (ein Fehler wurde ja gefunden)
5. Springe zu Schritt 2
6. Beende den Algorithmus (denn die Liste ist nun sortiert).

BubbleSort Prinzip am Beispiel

FACH HOCHSCHULE LÜBECK

6 5 3 1 8 7 2 4

WIKIPEDIA
Die freie Enzyklopädie

Der Algorithmus in JAVA (bubbleSort)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

```
public static void bubbleSort(int[] xs) {
  boolean unsorted=true;

  while (unsorted) {

    unsorted = false;

    for (int i=0; i < xs.length-1; i++) {

      if (xs[i] > xs[i+1]) {
        int dummy = xs[i];
        xs[i] =  xs[i+1];
        xs[i+1] = dummy;
        unsorted = true;
      }
    }
  }
}
```

Schritt 1: Behaupte Liste sei unsortiert

Schritt 2: Ist die Liste sortiert?

Schritt 3: Behaupte Liste wird sortiert sein

Schritt 4: Listendurchlauf

Schritt 4.1: Betrachte ben. Elemente

Schritt 4.2: Wenn in falscher Ordnung tausche

Schritt 4.3: Liste war doch nicht sortiert

Schritt 5: Springe zu Schritt 2

Schritt 6: Ende des Algorithmus

35

Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

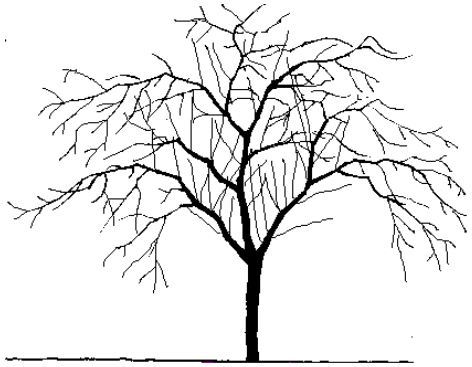
Geben Sie den **Listenzustand** nach Ausführung von **bubbleSort Durchläufen** an:

Ausgangsliste:	5 4 1 7 6 3 2 8
Nach 1. Durchlauf:	
Nach 2. Durchlauf:	
Nach 3. Durchlauf:	
Nach 4. Durchlauf:	
Nach 5. Durchlauf:	

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
36

Von Listen und Bäumen

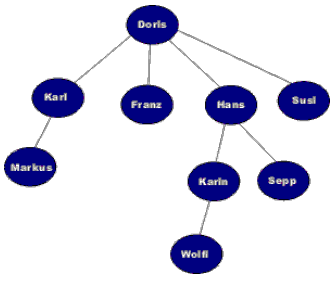
FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences



Die Datenstruktur Baum

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

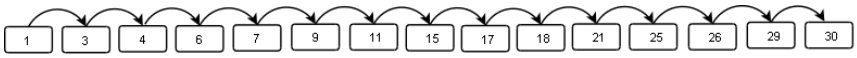
- Unter einem Baum versteht man in der Informatik eine Datenstruktur, die ausgehend von einem Wurzelknoten, einen oder mehrere Kindknoten haben kann, die wiederum weitere Kindknoten haben können.
- Bäume gehören zu häufig genutzten Datenstrukturen in der Informatik
- Bekannte Anwendungen von Bäumen sind z.B.
  - Dateisysteme (Verzeichnishierarchien)
  - Webseiten (Der HTML Code wird als Baum eingelesen und durch Webbrowser dargestellt)



Algorithmen zur rekursiven Datenstruktur Baum

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Von der Liste zum Baum:

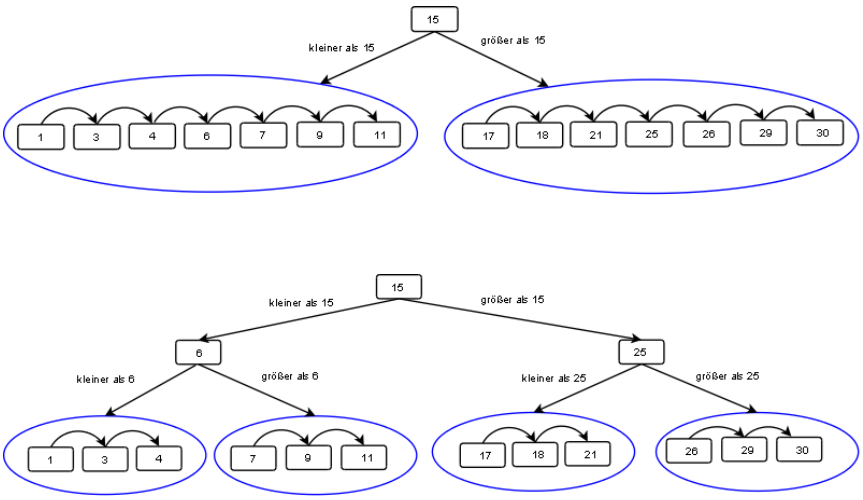


In einer sortierten Liste erscheint das Suchen eines bestimmten Elements sehr einfach:

- Sucht man beispielsweise das Element 9 in obiger Liste, wird die Liste durchlaufen und man erhält das Element nach 6 Vergleichen.
- Sucht man das Element 10, sind 7 Vergleiche notwendig.
- Ist das gesuchte Element jedoch am Ende der Liste sind sehr viele Vergleichsoperationen notwendig, für das Element 30 benötigt man 15 Vergleiche.
- Bei großen Listen (z.B. ein Wörterbuch) hat eine solche Suche ein sehr schlechtes Zeitverhalten.
- Die Laufzeit der Suche ist bei dieser Suche linear von n abhängig.
- Die Suche wird effizienter, wenn man die Liste in der Mitte teilt.

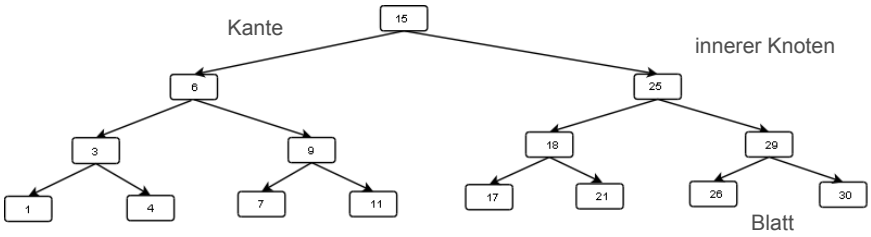
Von der Liste zum Baum

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences



Sortierter Binärbaum

FACH HOCHSCHULE LÜBECK



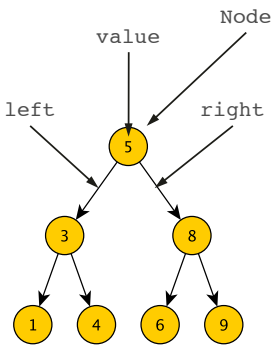
Ein solcher Baum heißt **Binärbaum.**

- Bei den Knoten unterscheidet man zwischen **inneren Knoten** (mit Nachfolger) und **Blätter** (kein Nachfolger).
- Die Referenzen zwischen den Knoten nennt man **Kanten**.
- Die **Tiefe** eines Knotens ist die Anzahl der Kanten + 1, die beim Durchlauf von der Wurzel bis zum Knoten beschritten werden.
- Der oberste Knoten heißt **Wurzel** und hat die Tiefe 1.
- Alle Knoten mit der gleichen Tiefe beschreiben eine **Ebene** des Baumes.
- Die **Höhe** des Baumes ist festgelegt durch die größtmögliche Tiefe.

JAVA Referenztyp
Knoten eines Baums

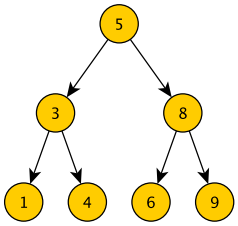
FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

```
class Node {
   public Node left;
   public Node right;
   public int value;

   public Node(int v, Node l, Node r) {
     value = v;
     left = l;
     right = r;
   }

   public String toString() {
      return value + " ";
   }

}
```



Ausdrücken eines Baums in JAVA

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences



Dieser Baum lässt sich in folgender Form in JAVA ausdrücken:

```
Node tree = new Node(5,
  new Node(3,
       new Node(1, null, null),
       new Node(4, null, null)
  ),
  new Node(8,
       new Node(6, null, null),
       new Node(9, null, null)
  )
);
```


Baumdurchlauf

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

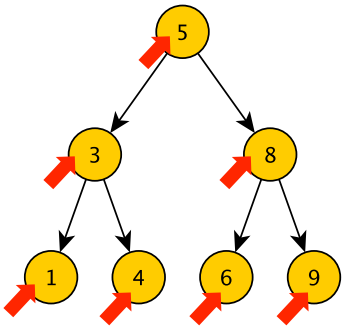
Möchte man alle Elemente eines Baumes ausgeben, muss man sich Strategien überlegen, in welcher Reihenfolge der Baum durchlaufen wird. Hierzu existieren Algorithmen, die beim Durchlaufen eines Baumes jeden Knoten genau einmal besuchen und auswerten. Folgende drei (rekursive) Algorithmen existieren hierzu:

- **inorder-Durchlauf (Merke: L K R)**
  - Beauftrage den linken Teilbaum des Knotens k mit inorder-Durchlauf
  - Besuche den Knoten k selbst
  - Beauftrage den rechten Teilbaum des Knotens k mit inorder-Durchlauf
- **preorder-Durchlauf (Merke: K L R)**
  - Besuche den Knoten k selbst
  - Beauftrage den linken Teilbaum des Knotens k mit preorder-Durchlauf
  - Beauftrage den rechten Teilbaum des Knotens k mit preorder-Durchlauf
- **postorder-Durchlauf (Merke: L R K)**
  - Beauftrage den linken Teilbaum des Knotens k mit postorder-Durchlauf
  - Beauftrage den rechten Teilbaum des Knotens k mit postorder-Durchlauf
  - Besuche den Knoten k selbst

Baumdurchlauf
Beispiel: inorder Ausgabe eines Binärbaums

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Inorder: Linker Ast – Knoten – Rechter Ast




```
public static String inorder(Node n) {
  if (n == null) return "";
  return inorder(n.left) +
         n +
         inorder(n.right);
}
```

1 3 4 5 6 8 9

Einfügen in sortierte Binärbäume

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

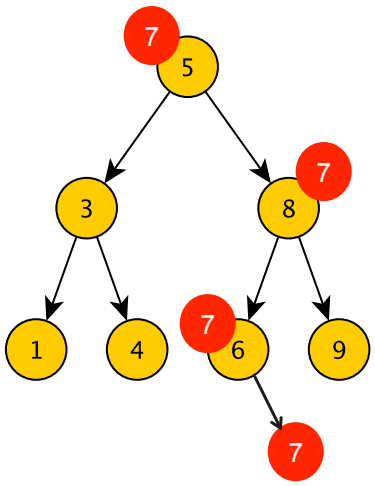
- Um einen sortierten Binärbaum erweitern oder schrittweise erzeugen zu können, benötigt man eine insert Methode
- Auch diese Methode kann rekursiv definiert werden.

- Zunächst muss geprüft werden, ob der Baum leer ist. Für diesen Fall ist das einzufügende Element die Wurzel des Baumes.
- Ist der Baum nicht leer, wird ausgehend von der Wurzel zunächst geprüft, ob das einzufügende Element mit dem Knoten übereinstimmt.
  Ist dies der Fall, wird das Element nicht eingefügt.
- Ist das einzufügende Element kleiner als der aktuelle Knoten und hat einen linken Teilbaum, wird die insert Methode für diesen linken Teilbaum aufgerufen.
- Ist es größer und existiert ein rechter Teilbaum, wird sie für den rechten Teilbaum aufgerufen.
- Hat der aktuelle Knoten keinen Nachfolger, kann das Element als Abbruchbedingung der Rekursion eingefügt werden.

Insert Operation auf einem sortierten Binärbaum

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

```
void insert(int v, Node tree) {
  if (tree == null) return;
  if (tree.value == v) return;

  if (v < tree.value) {
    if (tree.left == null) {
      tree.left = new Node(v,
        null, null);
    } else
      insert(v, tree.left);
  }

  if (v > tree.value) {
    if (tree.right == null) {
      tree.right = new Node(v,
        null, null);
    } else
      insert(v, tree.right);
  }
}
```



Mit Binärbäumen sortieren

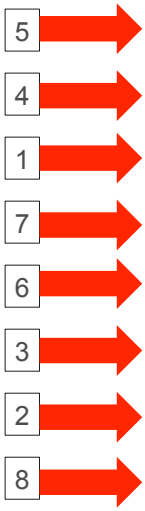
FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

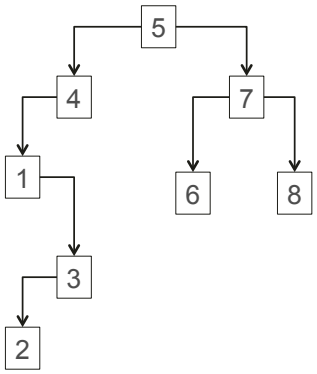
- Durchlaufe eine unsortierte Liste Element für Element von vorne nach hinten
- Füge jedes Element mittels der `insert` Operation in einen Binärbaum ein

- Man erhält einen sortierten Binärbaum
- Durchlaufe diesen Binärbaum in inorder Durchlauf
- Man erhält eine sortierte Liste

Mit Binärbäumen sortieren
Veranschaulichung

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences





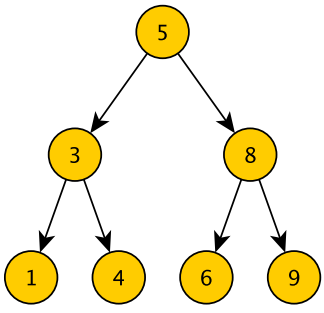
Inorder Durchlauf ergibt:

1–2–3–4–5–6–7–8

Miniübung:

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Geben Sie die **postorder** Ausgabe unten stehenden Baumes an:

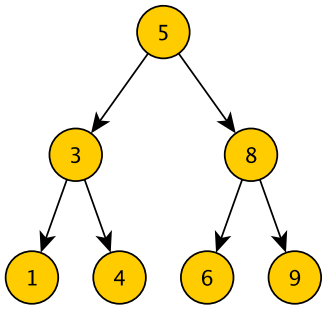


Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Drücken Sie unten stehenden Baum in JAVA aus. Nutzen Sie dabei den `Node` Referenztyp wie er in der VL definiert wurde.

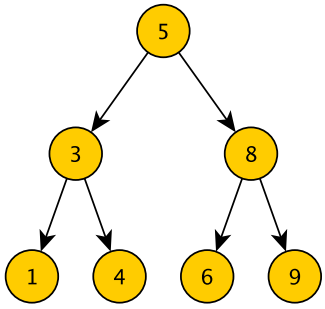


Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Gegeben sei ein Baum. Bestimmen Sie die Anzahl der Knoten dieses Baums (und beliebiger anderer) mit einer Funktion `nodes()`.



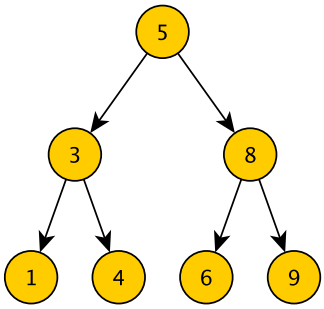
Miniübung:

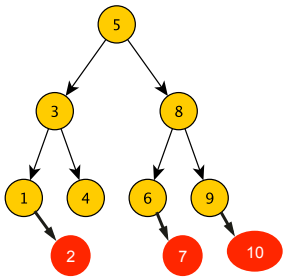


FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Gegeben ist folgender Baum `tree`. Es werden die folgenden `insert` Operationen auf `tree` ausgeführt.

```
insert(7, tree);
insert(2, tree);
insert(10, tree);
```





Miniübung:

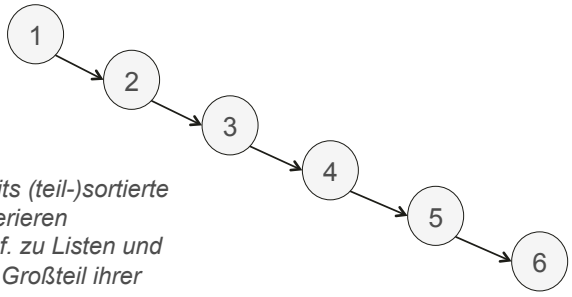


FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Gegeben ist folgende Liste:

`1-2-3-4-5-6`

Überführen Sie diese in einen Binärbaum indem Sie diese sequentiell von vorne nach hinten durchlaufen und mit der `insert` Operation in einen Binärbaum speichern.



Hinweis:

Existieren bereits (teil-)sortierte Liste so degenerieren Binärbäume ggf. zu Listen und verlieren einen Großteil ihrer Effizienz

Zusammenfassung

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- **Algorithmus**
  - Eigenschaften
  - Determinismus
- **BubbleSort**
  - Verfahrensanweisung
  - JAVA Implementierung
- **Rekursive Datenstruktur (Binär)Bäume**
  - Knotendefinition als Referenztyp
  - In-/pre-/post-order Durchläufe
  - Insert in sortierten Binärbaum
- **BinSort**
  - Aufbau eines sortierten Baums mittels insert
  - Inorder Durchlauf

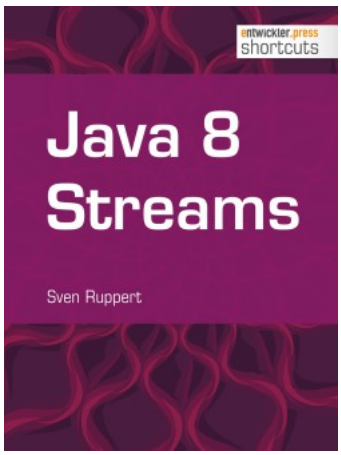
Themen dieser Unit

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Rekursive Routinen	Rekursive Algorithmen und Datenstrukturen	Lambdas
• Rekursiv definierter Methoden • Beispiele für rekursive Methoden • Formulierung rekursiver Methoden	• Algorithmus • Rekursive Datenstrukturen (Binärbäume) • BubbleSort vs BinSort	• Anonyme Funktionen • Funktionstypen • Streams • Filter • Map • Reduce

Wo können Sie es nachlesen?

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences



Kapitel 2

Core Methods

2.1 `forEach`
2.2 `map`
2.3 `filter`
2.5 `reduce`
2.6 `limit/skip`
2.7 `distinct`
2.9 `allMatch/anyMatch/noneMatch/count`

`http://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/stream/Stream.html`

Streams

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Pipeline für Datenströme (bitte nicht mit I/O Streams aus Unit 4 verwechseln!)
- Streams sind für den Einsatz von Lambdas konzipiert worden
- Streams ermöglichen keinen wahlfreien Zugriff, nur auf das erste Element
- Streams sind **lazy**, sie liefern Elemente erst, wenn eine Operation auf einem Element angewendet werden soll
- Streams können **unendlich** sein. Mittels Generatorfunktionen können Streams die permanente Lieferung von Daten generieren.
- Streams lassen sich gut parallelisieren (dazu mehr im 2. Semester)

Erzeugen von Streams

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Üblicherweise erzeugt man Streams aus `Collections` mittels der `stream()` Methode.

```
List<String> list = Arrays.asList("Ich", "bin", "ein", "Beispiel");
Stream<String> s1 = list.stream();
```

Es geht aber auch mit der `Stream.of(T...)` Methode

```
Stream<String> s2 = Stream.of("Noch", "ein", "Beispiel");
```

Oder so ...

```
Stream<String> s3 = Stream.of("Noch,ein,Beispiel".split(","));
```


Unendliche Streams (I)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Klingt komisch (*Jeder Rechner ist letztlich endlich, wie soll da etwas unendliches hineinpassen?*). Geht aber.

Hier mal ein Beispiel für einen Stream, der unendlich viele ganzzahlige Zufallswerte zwischen 0 und 1000 erzeugt.

```
Stream<Integer> rand = Stream.generate(() -> (int)(Math.random() * 1000));
```

Der Trick ist, dass man in der Programmierung natürlich nicht unendliche Streams komplett ausliest ;-)

Wir wollen hier nur einmal die ersten 100 davon ausgeben (es werden also 100 angefordert) und mit jeder Anforderung wird dann (lazy) eine Zufallszahl erzeugt.

```
rand.limit(100).forEach(r -> {
   System.out.println(r);
});
```

```
278
400
25
...
```

Unendliche Streams (II)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Mittels `iterate(T, UnaryOperator<T>)` kann man auch Streams mittels eines Generatorlambdas generieren.

Hier mal ein Beispiel für einen Stream, der unendlich viele ganzzahlige Zufallswerte von 1 in Dreierschritten erzeugt.

```
Stream<Integer> incs = Stream.iterate(1, x -> x + 3);
```

```
incs.limit(100).forEach(r -> {
   System.out.println(r);
});
```

```
1
4
7
10
13
16
...
```


Wie machen wir aus Streams wieder Collections?

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Streams sind gut um Daten zu verarbeiten. Aber irgendwann brauchen wir die Daten wieder in einem „direkteren“ Zugriff (zumindest in Java).

So können wir bspw. eine Liste mit 10 Zufallszahlen erzeugen.

```
Stream<Integer> rand = Stream.generate(() -> (int)(Math.random() * 1000));
List<Integer> rs = rand.limit(10)
                       .collect(Collectors.toList());
System.out.println(rs);
```

```
[978, 323, 331, 583, 484, 421, 916, 296, 476, 525]
```

Wie machen wir aus Streams einen String?

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Insbesondere für Konsolenausgaben ist es hilfreich, einen Stream in einen String konvertieren zu können.

So lässt sich bspw. eine Liste mit 10 kommaseparierten Zufallszahlen erzeugen und ausgeben.

```
Stream<Integer> rand = Stream.generate(() -> (int)(Math.random() * 1000));
String out = rand.limit(10)
                 .map(i -> "" + i) // Integer -> String
                 .collect(Collectors.joining(", "));
System.out.println(out);
```

```
978, 323, 331, 583, 484, 421, 916, 296, 476, 525
```


Wie machen wir aus Streams ein Mapping?

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Mappings sind Key-Value Paare. Insbesondere wenn Sie in Streams nach Gruppen von Elementen suchen, sind Mappings ggf. ein geeignetes „Zwischenformat“ für ihre Verarbeitung.

Beispielsweise wollen wir in einem Stream von ganzzahligen Zufallswerten [0..1000] bestimmen, welche Zufallszahlen im Bereich von [0..333[(Gruppe „small“), welche im Bereich von [333..666[(Gruppe „medium“) und welche im Bereich [666..1000] (Gruppe „big“) liegen.

```
Stream<Integer> rand = Stream.generate(() -> (int)(Math.random() * 1000));
Map<String, List<Integer>> map = rand.limit(10)
                        .collect(Collectors.groupingBy(r ->
                           if (r >= 0 && r < 333) return "small";
                           if (r >= 333 && r < 666) return "medium";
                           return "big";
                         }));
System.out.println(map);
```

```
{small=[73, 178, 234], big=[947, 843, 774, 976], medium=[625, 359, 605]}
```

Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Bestimmen Sie aus einem Stream von 1.000.000 ganzzahligen Zufallszahlen zwischen 0 und 100 wie viele Zufallszahlen in den Bereichen

[0..19], [20..39], [40..59], [60..79], [80..100]

anteilig (bezogen auf alle gezogenen Zufallszahlen) liegen.

Sie sollen etwa folgenden Konsolenoutput erzeugen und nur Lambdas und Streams nutzen:

```
[80..100]:    19.9497%
[60..79]:     20.0396%
[20..39]:     19.9402%
[40..59]:     20.0571%
[0..19]:      20.0134%
```


Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Lösung:

Lambda Funktionen (I)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Uns ist in den letzten Beispielen eine –> Notation über den Weg gelaufen.

```
String out = rand.limit(10)
                 .map(i -> "" + i) // Integer -> String
                 .collect(Collectors.joining(", "));
```

Diese Notation definiert eine anonyme Funktion (oder auch Ad hoc Funktion, Lambda Ausdruck).

Wir hätten für `i –> “” + i` auch folgendes schreiben können

```
String int2String(int i) {
  return “” + i;
}
```

und (wenn Java konsequent wäre) folgendes schreiben können.

```
String out = rand.limit(10)
                 .map(int2String) // Integer -> String
                 .collect(Collectors.joining(", "));
```

Hinweis: *Aber dann hätten wir uns einen Namen ausdenken müssen, der nur an einer Stelle genutzt wird und außerdem Typparamenter rumschleppen müssen.*

Hinweis: *Leider ist Java nicht konsequent und die Notation geht aus Gründen der Abwärts-kompatibilität nicht. Andere Sprachen können so etwas.*

Lambda Funktionen (II)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Um Lambda-Ausdrücke zu formulieren, gehen wir wie folgt vor.

```
(Typ1 n1, Typ2 n2, Typ3 n3, ...) -> { anweisungen; }
```

Hinweis: *Allgemeinste und verboseste Form. Üblicherweise werden vereinfachte Formen genutzt (siehe unten).*

Beispiel: Lambda-Ausdruck zum Multiplizieren.

```
(int x, int y) -> { return x * y; }
```

Auf Typen kann aber dank Typinferenz verzichtet werden.

```
(x, y) -> { return x * y; }
```

Hinweis: *Typinferenz bedeutet, dass der Datentyp aus der Verwendung des Lambda-Ausdrucks abgeleitet werden kann.*

Besteht die rechte Seite nur aus einer Anweisung kann auf die Klammer verzichtet werden.

Ferner kann auf `return` verzichtet werden, wenn der Anweisungsblock nur dazu dient einen Ausdruck auszuwerten.

```
(x, y) -> x * y
```

Hinweis: *Aufgrund dieser kompakten Notation, ist dies die präferierte Form wie Lambda-Ausdrücke genutzt werden.*

Lambda Funktionen (III)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Hat ein Lambda-Ausdruck nur einen Parameter, so kann auch noch die Klammer um die Parameter auf der linken Seite weggelassen werden.

```
x -> x * x
```

Hinweis: Einfacher geht es jetzt aber wirklich nicht mehr ;-)

Hat ein Lambda-Ausdruck keinen Parameter, so kann dies wie folgt notiert werden.

```
() -> System.out.println("Hello World")
```

```
() -> 10
```


Funktionen an Funktionen übergeben

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Was soll das alles?

Mit Java 8 können sie nun auch (über den Umweg neuer Funktionstypen) Funktionen (also ausführbare Logik!) als Parameter für Methoden definieren.

Oder anders gesagt:

Man kann einer Methode eine „Methode“ übergeben.

Klingt komisch, klingt innovativ, ist es aber nicht.

Nur Java konnte das jahrelang nicht!

Funktionen an Funktionen übergeben

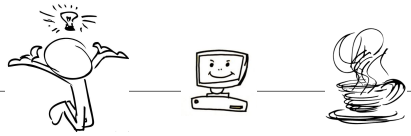
FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Die Stream-Klasse definiert eine Reihe von Methoden, die Lambda-Funktionen (also Code!) als Parameter erwarten.

Es gibt dabei unterschiedliche Arten von Funktionen, hier eine Auswahl, die mit Java 8 definiert worden sind.

Name	Beschreibung
`Predicate<T>`	Prüft einen Parameter des Typs `T` auf eine Eigenschaftserfüllung (liefert Boolean)
`BiPredicate<R, S>`	Prüft zwei Parameter des Typs `R` und `S` darauf, ob sie in einer Relation zueinander stehen oder nicht (liefert Boolean)
`Function<T, R>`	Funktionen die Parameter des Typs `T` auf Ergebnisse des Typs `R` abbildet. Bspw. Länge einer Zeichenkette T == String, R == Integer
`UnaryOperator<T>`	Ein Operator der Parameter des Typs T in Ergebnisse desselben Typs umrechnet. Bspw. Kann die Fakultät als unärer Operator angesehen werden. 3! = 6 (int -> int)
`BinaryOperator<T>`	Ein Operator der zwei Parameter des Typs T in Ergebisse desselben Typs umrechnet. Bspw. +. 4 + 3 = 7 (int, int) -> int
`BiFunction<T, U, R>`	Funktionen die zwei Parameter des Typs T und U auf Ergebnisse des Typs R abbilden. Bspw. Funktion zum Suchen der Häufigkeit eines Zeichens in einer Zeichenkette (String, Character) -> Integer

Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Definieren sie eine Lambda-Funktionen und weisen sie diese einem geeigneten Funktionstyp zu.

Prüfen ob eine ganzzahlige Zahl gerade ist.

Bestimmen der Länge einer Zeichenkette.

Quadrieren einer Fließkommazahl.

Bestimmung des Divisionsrests (Modulo) zweier ganzzahliger Zahlen.

Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Bestimmung der Anzahl eines Zeichens in einer Zeichenkette.

Stream::forEach()

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Streams bieten nun eine Reihe von Methoden an, die solche Funktionstypen als Parameter nutzen.

Möchte man bspw. einen Stream einfach Element für Element durchgehen und für jedes Element Anweisungen ausführen, so geht dies mittels `forEach()`

```
Stream<Integer> stream = Stream.of(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0);

Consumer<Integer> print = i -> System.out.println("- " + i);
stream.forEach(print);
```

```
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 0
```

Oder auch kürzer:

```
Stream<Integer> stream = Stream.of(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0);

stream.forEach(i -> System.out.println("- " + i));
```

Stream::map()

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Möchte man in einem `Stream` auf jedem Element eine Funktion ausführen, so geht dies mittels `map()`.

```
Stream<Integer> stream = Stream.of(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0);

Function<Integer, String> toString = i -> "'" + i + "'";
Stream<String> is = stream.map(toString);
System.out.println(is.collect(Collectors.toList()));
```

```
['1', '2', '3', '4', '5', '6', '7', '8', '9', '0']
```

Hinweis:
Die Langformen werden hier nur angegeben, um den Funktionstyp explizit zu machen.

Oder auch in dieser Form:

```
Stream<String> is = stream.map(i -> "'" + i + "'");
System.out.println(is.collect(Collectors.toList()));
```

Hinweis:
Die kürzeren Formen sind gebräuchlicher und auch flexibler einsetzbar.

Stream::sorted()

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Möchte man einen `Stream` sortieren, so geht dies mittels `sorted()`.

```
Stream<String> strings =
   Stream.of("Dies", "ist", "ein", "Beispiel");

Comparator<String> byLength = (s1, s2) -> s1.length() - s2.length();

Stream<String> sorted = strings.sorted(byLength);

sorted.forEach(s -> System.out.println(s));
```

```
ist
ein
Dies
Beispiel
```

Hinweis:

Ein Comparator vergleicht zwei Werte w1 und w2.

Liefert der Comparator für w1, w2 etwas kleiner als Null so steht w1 vor w2 in der Ordnung (ist kleiner).

Liefert der Comparator für w1, w2 etwas größer als Null so steht w1 hinter w2 in der Ordnung (ist größer).

Liefert der Comparator für w1, w2 Null so steht w1 und w2 in derselben Ordnung (ist gleich).

Mittels sorted können Sie also eine beliebige Ordnung definieren (vgl. Informatik I) und anhand dieser sortieren.

Stream::filter()

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Möchte man in einem `Stream` Elemente herausfiltern, die einer Bedingung genügen (z.B. nur ungerade Werte), geht dies mittels `filter()`.

```
Stream<Integer> stream = Stream.of(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0);

Predicate<Integer> odd = i -> i % 2 != 0;
Stream<Integer> is = stream.filter(odd);
System.out.println(is.collect(Collectors.toList()));
```

```
[1, 3, 5, 7, 9]
```

Hinweis:
Die Langformen werden hier nur angegeben, um den Funktionstyp explizit zu machen.

Oder auch in dieser Form:

```
Stream<Integer> is = stream.map(i -> i % 2 != 0);
System.out.println(is.collect(Collectors.toList()));
```

Hinweis:
Die kürzeren Formen sind gebräuchlicher und auch flexibler einsetzbar.

Stream::limit()

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Möchte man in einem `Stream` nur die ersten n Elemente verarbeiten, so geht dies mittels `limit()`.

```
Stream<Integer> stream = Stream.of(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0);

Stream<Integer> is = stream.limit(4);
System.out.println(is.collect(Collectors.toList()));
```

```
[1, 2, 3, 4]
```

Hinweis:

Ist n größer als Elemente in dem Stream m vorhanden sind, wird ein Stream der Länge $m < n$ zurückgeliefert.

Stream::skip()

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Möchte man in einem `Stream` die ersten n Elemente **nicht** verarbeiten, so geht dies mittels `skip()`.

```
Stream<Integer> stream = Stream.of(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0);

Stream<Integer> is = stream.skip(4);
System.out.println(is.collect(Collectors.toList()));
```

```
[5, 6, 7, 8, 9, 0]
```

Hinweis:

Ist n größer als Elemente in dem Stream m vorhanden sind, wird ein leerer Stream zurückgeliefert.

Stream::distinct()

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Möchte man in einem `Stream` nur unterschiedliche Elemente verarbeiten, so geht dies mittels `distinct()`.

```
Stream<Integer> stream = Stream.of(1, 2, 3, 4, 5, 5, 4, 3, 2, 1);

Stream<Integer> is = stream.distinct();
System.out.println(is.collect(Collectors.toList()));
```

```
[1, 2, 3, 4, 5]
```

Hinweis:

Hierbei wird die Wertegleichtheit herangezogen, nicht die Referenzgleichheit. D.h. die Elemente innerhalb des Streams werden mittels `equals()` und nicht mittels == verglichen!

Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Bestimmen Sie wie viele gleiche Zufallszahlen in folgendem Stream im Bereich der Zufallszahlen 100 bis 200 (jeweils inklusive) gezogen wurden.

```
Stream<Integer> rands = Stream.generate(() -> (int)(Math.random() * 100));
```


Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Gegeben sei folgende for-Schleife.

```
for(int i = 10; i <= 100; i += 3) {
    System.out.println(i);
}
```

Übersetzen sie diese in einen Lambdaausdruck mit demselben Verhalten.

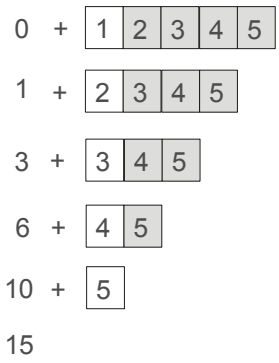
`Stream::reduce()`

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Möchte man alle Werte in einem `Stream` auf einen Wert „zusammenrechnen“ so geht dies mittels `reduce()`.

`reduce(id, op)` hat dabei zwei Parameter.

1. Der initiale Wert *id* mit dem die Reduktion begonnen wird (das neutrale Element *id* der Reduktionsoperation *op*, d.h. $x\ op\ id == x$)
2. Die Reduktionsoperation *op*, diese muss assoziativ sein (d.h. $(x\ op\ y)\ op\ z == x\ op\ (y\ op\ z)$)



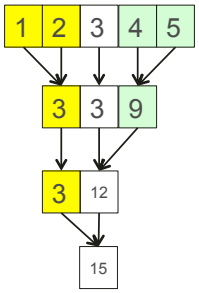
op sei die Addition, d.h. +

id für + ist 0

`Stream::reduce()`

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Da die Reduktionsoperation assoziativ ist, kann das ganze auch in einer beliebig anderen Reihenfolge (und auch **parallel**) erfolgen.



Hinweis:

Initiale Operation mit neutralem Element aus Gründen der Anschaulichkeit weggelassen!

Hinweis:

Das geht natürlich auch in einer beliebigen anderen Reduktionsabfolge, vorausgesetzt die Reduktionsoperation ist assoziativ!

Stream::reduce()

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Möchte man alle Werte in einem `Stream` auf einen Wert „zusammenrechnen“ so geht dies mittels `reduce()`.

```
Stream<Integer> stream = Stream.of(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0);

BinaryOperator<Integer> plus = (x, y) -> x + y;
int sum = stream.reduce(0, plus);
System.out.println(sum);
```

```
45
```

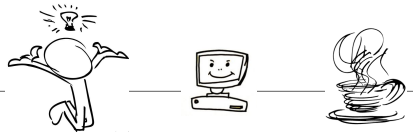
Hinweis:
Die Langformen werden hier nur angegeben, um den Funktionstyp explizit zu machen.

Oder auch in dieser Form:

```
int sum = stream.reduce(0, (x, y) -> x + y);
System.out.println(sum);
```

Hinweis:
Die kürzeren Formen sind gebräuchlicher und auch flexibler einsetzbar.

Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Gegeben ist folgender Stream von Zeichenketten.

```
Stream<String> strings = Stream.of(“Hello”, “functional”, “crazy”, “World”);
```

Verknüpfen sie diesen Stream (und beliebige andere) zu einer Zeichenkette in der jedes Element durch ein Leerzeichen getrennt ist. Nutzen sie ausschließlich die `reduce()` Methode.

```

```

“Hello functional crazy World“

Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Gegeben ist folgender Stream von Integerwerten.

```
Stream<Integer> rands = Stream.generate(() -> (int)(Math.random() * 1000));
```

Bestimmen sie aus den ersten 100 Einträgen des Streams das Maximum.

Nutzen sie zur Reduktion nur die `reduce()` Funktion.

Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Gegeben ist folgender Stream von Integerwerten.

```
Stream<Integer> rands = Stream.generate(() -> Math.random(1000));
```

Geben sie die ersten 10 Einträge in folgender Form

[877, 567, 678, 400, 300, 177, 999, 675, 444, 666]

als Zeichenkette aus.

Nutzen sie zur Reduktion nur die `reduce()` Funktion.

Stream::count()

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Möchte man in einem `Stream` die Anzahl vorhandener Elemente bestimmen, so geht dies mittels `count()`.

```
Stream<Integer> stream = Stream.of(1, 2, 3, 4, 5, 5, 4, 3, 2, 1);

long quantity = stream.count();
System.out.println(quantity);
```

```
10
```

Hinweis:

Achtung der Rückgabetype von `count()` ist `long`. D.h. es wird von der Möglichkeit seeeeeehr langer Streams ausgegangen ;-)

Die Länge eines unendlich langen Streams, dauert unendlich lange zu berechnen (irgendwie logisch). Unten stehende Zeile wird also nie terminieren ...

```
long nr = Stream.iterate(1,  x -> x + 1).count(); // terminiert nie!
```


Stream::all/any/noneMatch()

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Möchte man in einem `Stream` alle Elemente gegen eine Bedingung prüfen, so geht dies mit den Methoden

1. `boolean` **`allMatch`**`(Predicate<T>)` alle Elemente genügen einer Bedingung
2. `boolean` **`anyMatch`**`(Predicate<T>)` mindestens ein Element genügt einer Bedingung
3. `boolean` **`noneMatch`**`(Predicate<T>)` kein Element genügt einer Bedingung

Stream::all/any/noneMatch()

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Gegeben sei folgende Liste und folgende Prädikate:

```
List<Integer> is      = Arrays.asList(1, 2, 3, 4, 5);
Predicate<Integer> even   = i -> i % 2 == 0;
Predicate<Integer> isZero = i -> i == 0;
```

Geben Sie bitte an, welche Ausdrücke zu `false` und welche zu `true` ausgewertet werden.

```
is.stream().allMatch(even)      // false
is.stream().anyMatch(even)      // true
is.stream().noneMatch(even)     // false

is.stream().allMatch(isZero)    // false
is.stream().anyMatch(isZero)    // false
is.stream().noneMatch(isZero)   // true
```


Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Gegeben sei folgende (klassische) Methode zur Erzeugung von Primzahlen bis n.

```
public static List<Integer> erathostenes(int n) {
   boolean[] deleted = new boolean[n + 1];
   List<Integer> prims = new LinkedList<>();

   for (int i = 2; i < Math.sqrt(n); i++) {
      if (!deleted[i]) prims.add(i);
      for (int j = i * i; j <= n; j += i) deleted[j] = true;
   }

   for (int i = (int)Math.sqrt(n) + 1; i <= n; i++)
      if (!deleted[i]) prims.add(i);

   return prims;
}
```

Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Für kryptografische Anwendung benötigen sie eine einfache Methode Primzahlen zu erzeugen. Sie stoßen bei Wikipedia

```
https://de.wikipedia.org/wiki/Primzahlgenerator
```

auf die folgenden Funktionen, die auf Euler zurück gehen sollen (Euler gilt im Allgemeinen ja als verlässliche Quelle), die beide jeweils nur Primzahlen erzeugen sollen.

$$p_1(n) = n^2 + n + 17$$ Euler 1

$$p_2(n) = n^2 - n + 41$$ Euler 2

Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Sie können die Methode `List<Integer> erathosthenes(int)` als korrekt annehmen.

Prüfen Sie Euler 1 und Euler 2 für die ersten 20 generierten Primzahlen auf Korrektheit.

Geben Sie im Falle fehlerhafter Primzahlen falsch generierte Primzahlen für Euler 1 und Euler 2 aus.

Was passiert, wenn Sie Euler 2 für die ersten 100 generierten Primzahlen prüfen?

Und nun HTML mit Lambdas erzeugen zu sein wird

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Um zu prüfen, ob verstanden Du hast ...

Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Gegeben sind Strings folgenden Formats:

```
String students = "Mustermann, Max" + '\n' +
                  "Musterfrau, Maren" + '\n' +
                  "Hilflos, Holger" + '\n' +
                  "Loniki, Tessa";
```

Wandeln Sie Strings in HTML Zeichenketten, so dass sie in einem HTML Browser als Tabelle dargestellt würden.

```
<table>
<tr><th>Vorname</th><th>Nachname</th></tr>
<tr><td>Max</td><td>Mustermann</td></tr>
<tr><td>Maren</td><td>Musterfrau</td></tr>
<tr><td>Holger</td><td>Hilflos</td></tr>
<tr><td>Tessa</td><td>Loniki</td></tr>
</table>
```

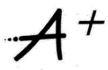
Nutzen sie ausschließlich Lambdas, um dies zu realisieren.

Miniübung:

```
String students = "Mustermann, Max" + '\n' +
                  "Musterfrau, Maren" + '\n' +
                  "Hilflos, Holger" + '\n' +
                  "Loniki, Tessa";
```

Lösung:

Zusammenfassung



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- **Streams**
  - Erzeugen mittels `.stream()` oder `Stream.of()`
  - Mittels `.collect()` in Collections wandeln
- **Lambda Funktionen**
  - Anonyme Funktionen
  - `(a, b, c) -> expression(a, b, c)`
- **Funktionstypen**
  - `Predicate`
  - `Function`, `BiFunction`
  - `UnaryOperator`, `BinaryOperator`
- **Streammethoden**
  - `forEach()`
  - `map()` und `reduce()`
  - `filter()`, `distinct()` und `sorted()`
  - `limit()`, `skip()`
  - `allMatch()`, `anyMatch()`, `noneMatch()`
  - `count()`