

## Vorlesung



University of Applied Sciences

# Programmieren I und II

## Unit 5

Rekursive Programmierung und rekursive Datenstrukturen,

Lambda-Ausdrücke und Streams



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

1



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](mailto:kratzke@fh-luebeck.de)



@NaneKratzke

Updates der Handouts auch über Twitter #prog\_inf  
und #prog\_itd

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

2

# Handout zu den Vorlesungen Programmieren I und II sowie Grundlagen und Vertiefung der Programmierung (Unit 5)

## Units



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
2. Semester	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
	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



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 Algorithmusbegriffs, 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 Multithread Programmierung sowie funktionale Programmierung

Am Beispiel der Sprache JAVA

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

4

## Themen dieser Unit



University of Applied Sciences

### Rekursive Routinen

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

### Rekursive Algorithmen und Datenstrukturen

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

### Lambdas

- Anonyme Funktionen
- Streams
- Filter
- Map
- Reduce

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

5

## Zum Nachlesen ...



University of Applied Sciences



### Kapitel 6

Methoden und Unterprogramme

#### Abschnitt 6.2

Rekursiv definierte Methoden

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

6

## Rekursive Routinen



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.

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

7

## Beispiel: Fakultät – eine rekursiv definierte mathematische Funktion



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.

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

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

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

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

8

## Exkurs: Rekursion Beispiel – Fakultät in JAVA (I)

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



- $\text{fac}(3) =$
- $\text{fac}(2) * 3 =$        $\text{fac}(1) = 1 * \text{fac}(0)$
- $\text{fac}(1) * 2 * 3 =$        $\text{fac}(2) = 2 * \text{fac}(1 * \text{fac}(0))$
- $\text{fac}(0) * 1 * 2 * 3 =$        $\text{fac}(3) = 3 * \text{fac}(2 * \text{fac}(1 * \text{fac}(0)))$
- $1 * 1 * 2 * 3 =$
- 6

## Exkurs: Rekursion Beispiel – Fakultät in JAVA (II)

```
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.

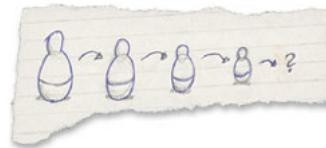
```
public int facit(int n) {  
    int ret = 1;  
    for (int i = n; i > 0; i--)  
        ret *= i;  
    return ret;  
}
```

## Rekursionsabbruch



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



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)



University of Applied Sciences

**Rekursive Implementierung der Addition der Zahlen 0 bis n.**

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

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

Formulierung des Methodenkopfes  
(Signatur)

Definition des Rekursionsabbruchs

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

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

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

13

## Beispiel: Rekursive Summe (II)



University of Applied Sciences

**Rekursive Implementierung der Addition der Zahlen 0 bis n.**

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

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

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;  
    }  
    }  
}
```

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

14

## Beispiel: Rekursive Summe (III)



University of Applied Sciences

**Rekursive Implementierung der Addition der Zahlen 0 bis n.**

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

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

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);
    }
}
```

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

15

## Beispiel: Rekursive Summe (IV)



University of Applied Sciences

**Rekursive Implementierung der Addition der Zahlen 0 bis n.**

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

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

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

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

16

## Beispiel: Rekursive Summe (V)



University of Applied Sciences

Rekursive Implementierung der Addition der Zahlen 0 bis n.

$$sum(n) = \sum_{i \in 0..n} i = 0 + 1 + 2 + \dots + n$$
$$sum(n) = \begin{cases} 0 & \text{falls } n = 0 \\ n + sum(n - 1) & \text{falls } n > 0 \end{cases}$$

```
// 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);  
}
```

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

17

## Komplexe Probleme mit einfachen Rekursionen lösen



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

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

18

## Geschichte der Türme von Hanoi

- 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

- 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.



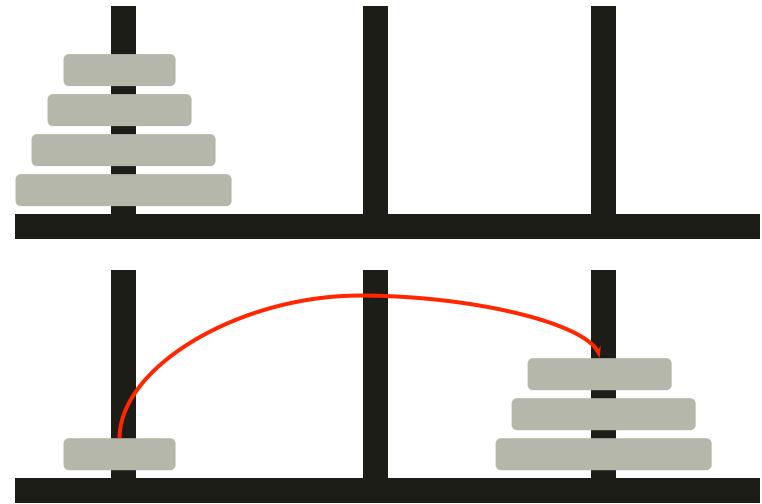
Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke  
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme

20

## Die Problemlösung aus Sicht des ersten Mönchs



University of Applied Sciences



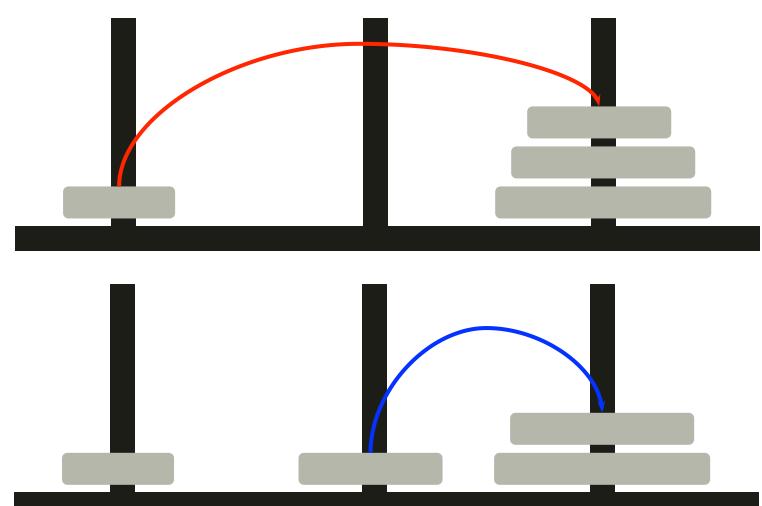
Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke  
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme

21

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



University of Applied Sciences



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

22

## Die Strategie der Mönche als Algorithmus (I)



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.



Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke  
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme 23

## Die Strategie der Mönche als Algorithmus (II)



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 einzige 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



Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke  
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme 24

## Die Strategie der Mönche als JAVA-Methode



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!

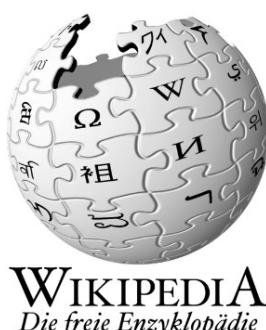
Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke  
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme

25

## Die Türme von Hanoi



University of Applied Sciences



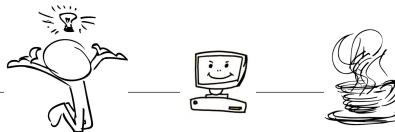
Sie finden eine Menge Hinweise zu den Türmen von Hanoi, z.B. unter Wikipedia:

[http://de.wikipedia.org/wiki/Türme\\_von\\_Hanoi](http://de.wikipedia.org/wiki/Türme_von_Hanoi)

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

26

## Miniübung:



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:



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



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



University of Applied Sciences

### Rekursive Routinen

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



### Rekursive Algorithmen und Datenstrukturen

- Algorithmus
- Rekursive Datenstrukturen (Binäräbäume)
- BubbleSort vs BinSort

### Lambdas

- Anonyme Funktionen
- Streams
- Filter
- Map
- Reduce

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

30

## Zum Nachlesen ...



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>

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

31

## Algorithmen



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)

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

32

### **Ein Beispiel für einen natürlichsprachigen Algorithmus zum Sortieren**



University of Applied Sciences

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

Ein **Verfahrensanweisung** 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. Behauple 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. Behauple 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).

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

33

### **BubbleSort Prinzip am Beispiel**



6    5    3    1    8    7    2    4



**WIKIPEDIA**  
Die freie Enzyklopädie

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

34

## Der Algorithmus in JAVA (bubbleSort)

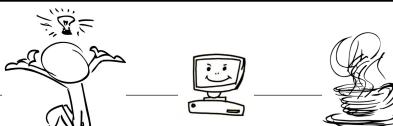


University of Applied Sciences

```
public static void bubbleSort(int[] xs) {  
    boolean unsorted=true;   Schritt 1: Behauptet Liste sei unsortiert  
  
    while (unsorted) {      Schritt 2: Ist die Liste sortiert?  
  
        unsorted = false;   Schritt 3: Behauptet Liste wird sortiert sein  
  
        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 5: Springe zu Schritt 2  
Schritt 6: Ende des Algorithmus
```

Seite | 35

## Miniübung:



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:

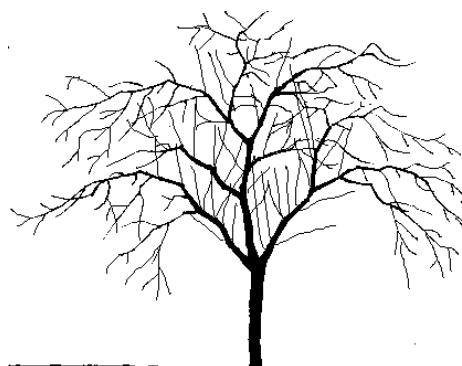
Nach 2. Durchlauf:

Nach 3. Durchlauf:

Nach 4. Durchlauf:

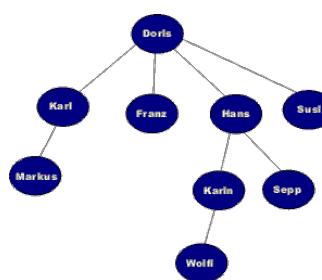
Nach 5. Durchlauf:

## Von Listen und Bäumen



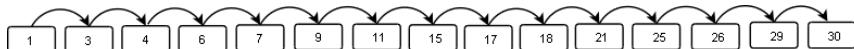
## Die Datenstruktur Baum

- 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 Webbrowswer dargestellt)



## Algorithmen zur rekursiven Datenstruktur Baum

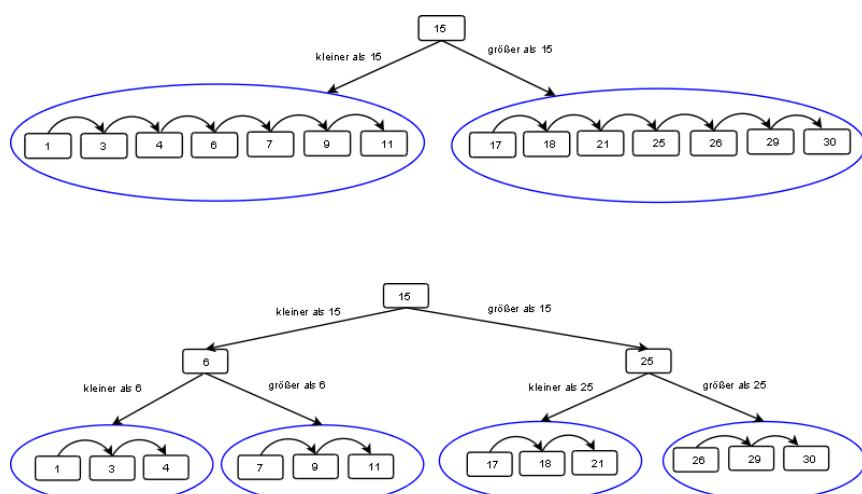
Von der Liste zum Baum:



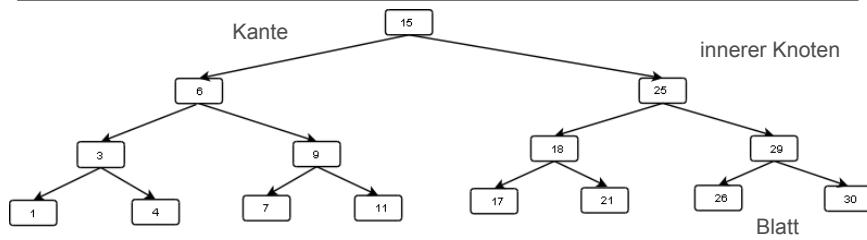
In einer sortierten Liste erscheint das Suchen eines bestimmten Elements sehr einfach:

- 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



## Sortierter Binärbaum



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.

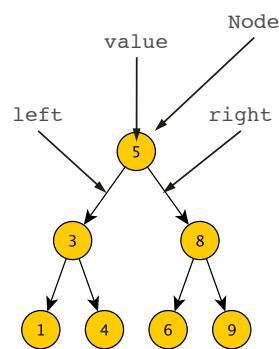
## JAVA Referenztyp Knoten eines Baums

```

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

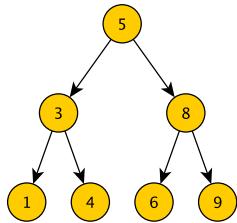
    public Node(int v, Node l, Node r) {
        value = v;
        left = l;
        right = r;
    }

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



## Ausdrücken eines Baums in JAVA

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

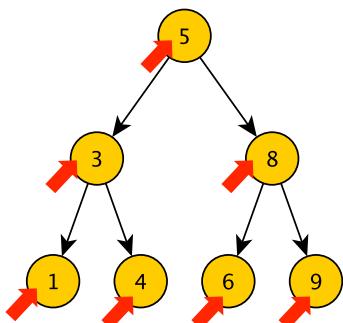
Möchte man alle Elemente eines Baumes ausgeben, muss man sich Strategien überlegen, in welcher Reihenfolge der Baum durchlaufen wird. Hierzu existieren Algorithmen, die beim Durchlaufen eines Baumes jeden Knoten genau einmal besuchen und auswerten. Folgende drei (rekursive) Algorithmen existieren hierzu:

- **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

Inorder: Linker Ast – Knoten – Rechter Ast



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

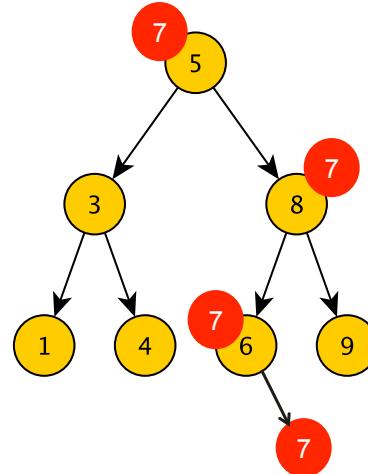
1 3 4 5 6 8 9

## Einfügen in sortierte Binärbäume

- 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

```
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

- 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

The diagram shows a binary search tree being built from the numbers 1 through 8. On the left, a vertical list of numbers 5, 4, 1, 7, 6, 3, 2, 8 is shown with red arrows pointing to the right, indicating their insertion path. The tree itself is a binary search tree where each node's left child is smaller and its right child is larger. The resulting tree structure is as follows:

```

graph TD
    5 --> 4
    5 --> 7
    4 --> 1
    4 --> 3
    1 --> 2
    7 --> 6
    7 --> 8
    3 --> null
  
```

Below the tree, the text "Inorder Durchlauf ergibt:" is followed by the sequence "1–2–3–4–5–6–7–8".

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke  
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme    49

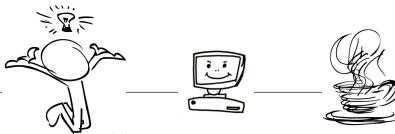
### Miniübung:

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

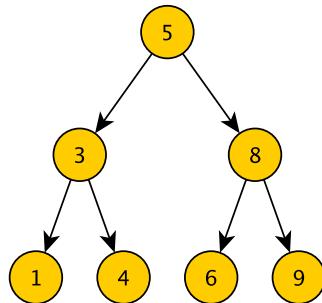
A binary tree with root 5. Node 5 has children 3 and 8. Node 3 has children 1 and 4. Node 8 has children 6 and 9. The postorder traversal sequence is: 1, 4, 3, 6, 9, 8, 5.

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke  
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme    50

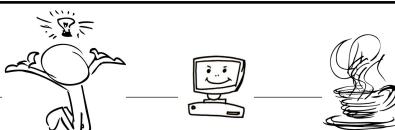
### Miniübung:



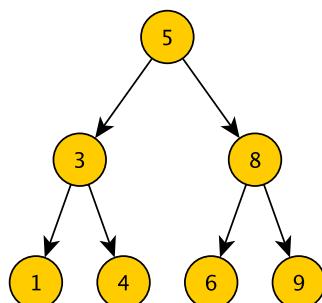
Drücken Sie unten stehenden Baum in JAVA aus. Nutzen Sie dabei den Node Referenztyp wie er in der VL definiert wurde.



### Miniübung:



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

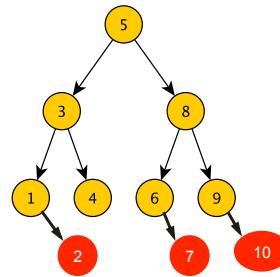
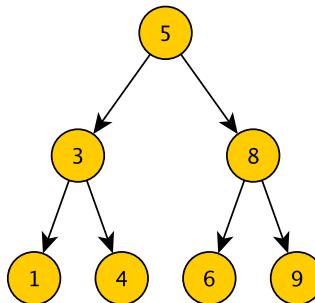


## Miniübung:



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

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



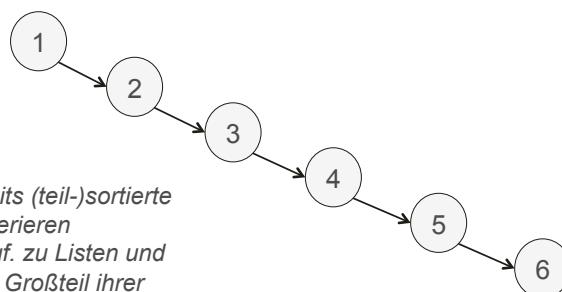
## Miniübung:



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  
Binäräbäume ggf. zu Listen und  
verlieren einen Großteil ihrer  
Effizienz*

## Zusammenfassung



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



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

55

## Themen dieser Unit



University of Applied Sciences

### Rekursive Routinen

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

### Rekursive Algorithmen und Datenstrukturen

- Algorithmus
- Rekursive Datenstrukturen (Binäräbäume)
- BubbleSort vs BinSort

### Lambdas

- Anonyme Funktionen
- Funktionstypen
- Streams
- Filter
- Map
- Reduce



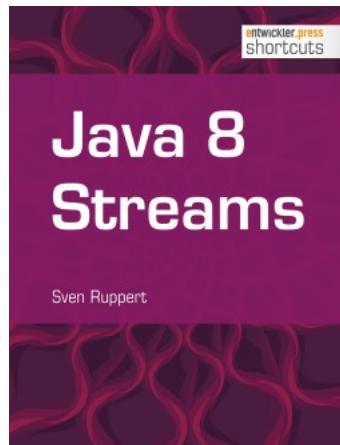
Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke  
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme

56

## Wo können Sie es nachlesen?



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>

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

57

## Streams



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)



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

58

## Erzeugen von Streams



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)



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)



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
...
...
```

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

61

## Wie machen wir aus Streams wieder Collections?



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]
```

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

62

## Wie machen wir aus Streams einen String?



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
```

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

63

## Wie machen wir aus Streams ein Mapping?



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.

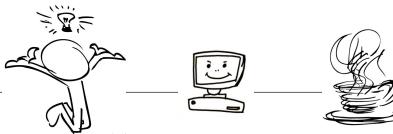
```
Stream<Integer> rand = Stream.generate(() -> (int)(Math.random() * 1000));  
Map<String, List<Integer>> map = rand.limit(10)  
    .collect(Collectors.groupingBy(r ->  
        if (r >= 0 && r < 333) return "small";  
        if (r >= 333 && r < 666) return "medium";  
        return "big";  
  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

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

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

64

### **Miniübung:**



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

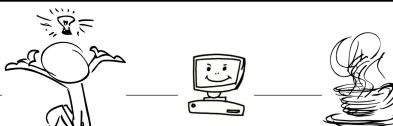
[0..19], [20..39], [40..59], [60..79], [80..100]

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:**



University of Applied Sciences

### Lösung:

## Lambda Funktionen (I)



University of Applied Sciences

Uns ist in den letzten Beispielen eine  $\rightarrow$  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  $i \rightarrow "" + i$  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 Typparameter 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)



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)



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`

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

69

## Funktionen an Funktionen übergeben



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!**

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

70

## Funktionen an Funktionen übergeben

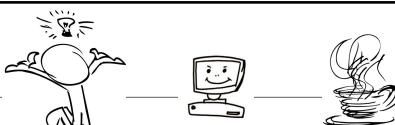


Die Stream-Klasse definiert eine Reihe von Methoden, die Lambda-Funktionen (also Code!) als Parameter erwarten.

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 abbilden. 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 Ergebnisse 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:



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

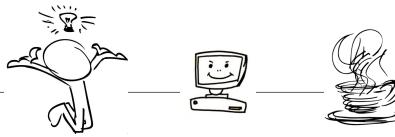
Prüfen ob eine ganzzahlige Zahl gerade ist.

Bestimmen der Länge einer Zeichenkette.

Quadrieren einer Fließkommazahl.

Bestimmung des Divisionsrests (Modulo) zweier ganzzahliger Zahlen.

## Miniübung:



Bestimmung der Anzahl eines Zeichens in einer Zeichenkette.

## Stream::forEach()

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()



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.

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

75

## Stream::sorted()



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.

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

76

## Stream::filter()



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.

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

77

## Stream::limit()



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.

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

78

## Stream::skip()



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.

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

79

## Stream::distinct()



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]
```

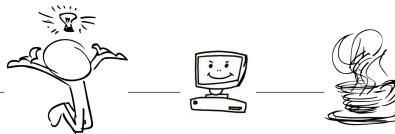
### Hinweis:

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

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

80

### Miniübung:



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));
```

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

81

### Miniübung:



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.

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

82

## Stream::reduce()



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.  $x \text{ op } id == x$ )
2. Die Reduktionsoperation *op*, diese muss assoziativ sein (d.h.  $(x \text{ op } y) \text{ op } z == x \text{ op } (y \text{ op } z)$ )

0 + 

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1 + 

2	3	4	5
---	---	---	---

3 + 

3	4	5
---	---	---

6 + 

4	5
---	---

10 + 

5
---

15

*op* sei die Addition, d.h. +

*id* für + ist 0

## Stream::reduce()

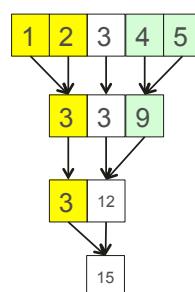


University of Applied Sciences

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()



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:

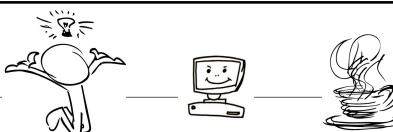
```
int sum = stream.reduce(0, (x, y) -> x + y);  
System.out.println(sum);
```

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

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

85

## Miniübung:



University of Applied Sciences

Gegeben ist folgender Stream von Zeichenketten.

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

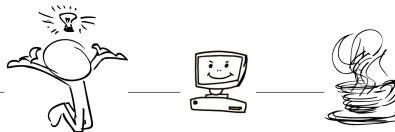
Verknüpfen sie diesen Stream (und beliebige andere) zu einer Zeichenkette in der jedes Element durch ein Leerzeichen getrennt ist. Nutzen sie ausschließlich die `reduce()` Methode.

"Hello functional crazy World"

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

86

## Miniübung:



Gegeben ist folgender Stream von Integerwerten.

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

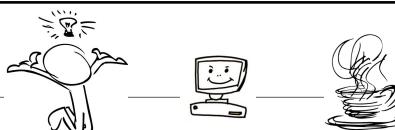
Bestimmen sie aus den ersten 100 Einträgen des Streams das Maximum.

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

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

87

## Miniübung:



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.**

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

88

## Stream::count()



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 seeeeeeee 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!
```

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

89

## Stream::all/any/noneMatch()



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



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

90

## Stream::all/any/noneMatch()



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;
```

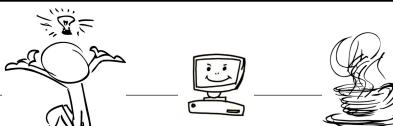
Geben Sie bitte an, welche Ausdrücke zu false und welche zu true ausgewertet werden.

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

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

91

## Miniübung:



University of Applied Sciences

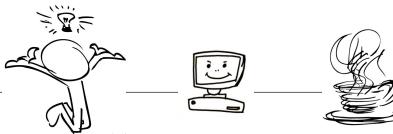
Gegeben sei folgende (klassische) Methode zur Erzeugung von Primzahlen bis  $n$ .

```
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;  
}
```

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

92

## Miniübung:



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.

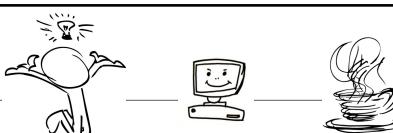
$$p_1(n) = n^2 + n + 17 \quad \text{Euler 1}$$

$$p_2(n) = n^2 - n + 41 \quad \text{Euler 2}$$

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

93

## Miniübung:



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?

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

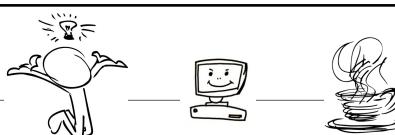
94

**Und nun HTML mit Lambdas erzeugen zu sein wird**



Um zu prüfen, ob verstanden Du hast ...

**Miniübung:**



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' +
"Mustermann, Maren" + '\n' +
"Hilflos, Holger" + '\n' +
"Loniki, Tessa";
```

Lösung:

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

97

## Zusammenfassung



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()`



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

98