

Vorlesung

Programmieren I und II

Unit 4
Einfache I/O Programmierung
Serialisierung von Objekten

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
1

**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

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
2

Units

1. Semester

Unit 1 Einführung und Grundbegriffe	Unit 2 Grundelemente imperativer Programme	Unit 3 Selbstdefinierbare Basistypen und Collections	Unit 4 Einfache I/O Programmierung
Unit 5 Rekursive Programmierung, Rekursive Datenstrukturen, Lambdas	Unit 6 Objektorientierte Programmierung und UML	Unit 7 Weitere Konzepte objektorientierter Programmiersprachen (Selbststudium)	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

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	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

Zum Nachlesen ...

Kapitel 19
Ein- und Ausgabe über Streams

Abschnitt 19.1
Grundsätzliches zu Streams in Java

Abschnitt 19.2
Dateien und Verzeichnisse

Abschnitt 19.3
Ein- und Ausgabe über Character-Streams

Abschnitt 19.4.2
Die Serialisierung und Deserialisierung von Objekten

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
5

Noch mehr zum Nachlesen ...

Kapitel 16
Ein-/Ausgabe und Streams

Abschnitt 16.2 Klassifizierung von Streams

Abschnitt 16.3 Das Stream-Konzept

Abschnitt 16.4 Bytestream-Klassen

Abschnitt 16.5 Characterstream-Klassen

Abschnitt 16.7 Ein- und Ausgabe von Objekten

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
6

I/O erscheint mit Java recht komplex



- Das Lesen und Schreiben von Daten in Dateien in Java ist nicht ganz einfach.
- I/O Programming wird in Java mittels sogenannter Datenströme (Streams) realisiert.
- Lese- und Schreiboperationen auf Dateien lassen sich in anderen Programmiersprachen häufig wesentlich einfacher realisieren.
- In Java muss man hierzu erst einmal einige Konzepte verstehen.
- Dafür wird man dann aber auch mit einiger Flexibilität belohnt.

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

... ist es aber nicht, wenn man über die Zusammenhänge weiß!



- Zugriff auf das **Dateisystem** erfolgt mittels **File** Objekten
- Definition von **Datenquellen** und **-senken** erfolgt mittels **Input- und OutputStreams**
 - Datenquellen und -senken sind dabei nicht auf Dateien beschränkt
 - Weitere Quellen und Senken können bspw. beliebige URLs oder die Systemausgabe auf einer Konsole sein.
 - Durch objektorientierte Erweiterungen der **InputStream** und **OutputStream** Klassen lassen sich beliebige Quellen und Senken erschließen
- **Lese- und Schreiboperationen** auf diesen Streams erfolgen zeichenweise mittels **Reader** und **Writer** Objekten
- Lese- und Schreiboperationen lassen sich mittels **BufferedReader** und **BufferedWriter** Objekten **puffern** (um bspw. eine zeilenweise Verarbeitung von Textdateien zu ermöglichen)

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

Themen dieser Unit



Dateien und Verzeichnisse

- File Objekt
- Dateien/Verzeichnisse erzeugen, löschen, umbenennen
- Zustände von Dateien/Verzeichnissen abfragen

I/O Streams

- Das Stream Konzept
- Aus Quellen lesen
- In Senken schreiben

Serialisierung

- Objektzustände speichern
- Objektzustände wiederherstellen

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

Auf das Dateisystem aus Java zugreifen



Java bietet, um auf Elemente des Dateisystems zugreifen zu können, Objekte der Klasse **File** an (sowohl für Dateien als auch für Verzeichnisse).

File Erzeugen/löschen

- boolean createNewFile()
- boolean mkdir()
- boolean delete()
- boolean renameTo(File f)

File Rechte und Typ

- boolean canRead()
- boolean canWrite()
- boolean isDirectory()
- boolean isFile()
- long length()
- ...

File Abfragen

- boolean exists()
- String getName()
- String getAbsolutePath()
- File[] listFiles()
- ...

```
import java.io.File;
File f = new File("/Users/Nane/Desktop");
```

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

Beispiel: Typische Nutzung von File Objekten



```
import java.io.File;

File f = new File("/Users/Nane");

// Anlegen und loeschen einer neuen Datei
File newFile = new File(f.getAbsolutePath() + File.separator + "newFile.test");
newFile.createNewFile();
newFile.delete();

// Anlegen und loeschen eines neuen Verzeichnisses
File newDir = new File(f.getAbsolutePath() + File.separator + "directory");
newDir.mkdir();
newDir.delete();

// Auflisten aller Dateien in einem Verzeichnis (inkl. deren Größe in bytes)
for (File file : f.listFiles()) {
    if (file.isFile()) {
        System.out.println(file.getAbsolutePath() + " Size: " + file.length() + " bytes");
    }
}
```

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

Themen dieser Unit



Dateien und Verzeichnisse

- File Objekt
- Dateien/Verzeichnisse erzeugen, löschen, umbenennen
- Zustände von Dateien/Verzeichnissen abfragen

I/O Streams

- Das Stream Konzept
- Aus Quellen lesen
- In Senken schreiben

Serialisierung

- Objektzustände speichern
- Objektzustände wiederherstellen

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

Worum geht es nun?

Das Streamkonzept

Beispiel: Textdatei zeilenweise auslesen

Beispiel: Textdatei zeilenweise schreiben

Flexibel kombinieren um Daten zu lesen und zu speichern

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme 13

Das Stream Konzept

Mit **Datenströmen** (englisch: data streams) bezeichnet man kontinuierliche Abfolgen von Datensätzen, deren Ende nicht im Voraus abzusehen ist.

Die einzelnen Datensätze sind dabei üblicherweise von beliebigem, aber festem Typ. Die Menge der Datensätze pro Zeiteinheit (Datenrate) kann variieren. Im Gegensatz zu anderen Datenquellen werden Datenströme daher nicht als Ganzes, sondern fortlaufend verarbeitet.

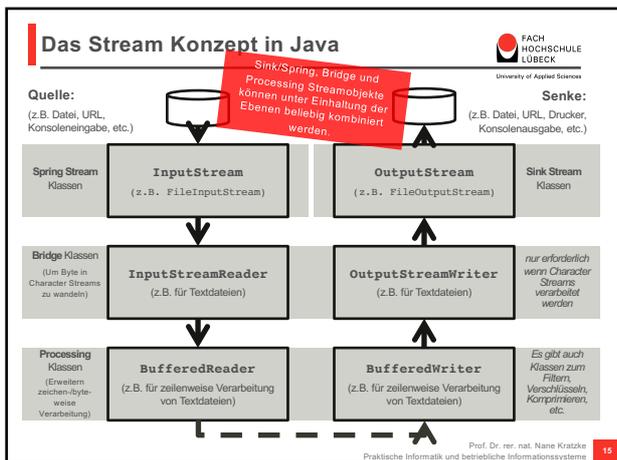
Insbesondere ist im Gegensatz zu Datenstrukturen mit willkürlichem Zugriff (wie z. B. Arrays) **nur ein sequentieller Zugriff** auf die einzelnen Datensätze möglich.

Datenströme werden häufig zur Interprozesskommunikation verwendet, sowohl zur Übertragung von Daten über Netzwerke als auch zur Kommunikation zwischen Prozessen auf einem Rechner.

In Java werden mit diesem Konzept auch lokale Dateien verarbeitet.

Quelle: Wikipedia DE (Datenstrom)

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme 14



Die wichtigsten Methoden, die diese Klassen anbieten ...

InputStream

- `int read(byte[] b)`
- `close()`

OutputStream

- `write(byte[] b)`
- `flush()`
- `close()`

Bridge Klassen `InputStreamReader` und `OutputStreamWriter` analog (nur char statt byte)

BufferedReader

- `String readLine()`
- `close()`

BufferedWriter

- `write(String s)`
- `newLine()`
- `flush()`
- `close()`

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme 16

Worum geht es nun?

Das Streamkonzept

Beispiel: Textdatei zeilenweise auslesen

Beispiel: Textdatei zeilenweise schreiben

Flexibel kombinieren um Daten zu lesen und zu speichern

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme 17

Beispiel: Datei zeilenweise einlesen

```

/**
 * Öffnet eine Textdatei und gibt diese auf der Konsole zeilenweise aus.
 * Z.B. durch den Aufruf printFile("~/Desktop/test.txt");
 * @param path Zu öffnende Datei
 */
public static void printFile(String path) throws Exception {
    InputStream is = new FileInputStream(path); // Spring Stream
    InputStreamReader bridge = new InputStreamReader(is); // Bridge Stream
    BufferedReader reader = new BufferedReader(bridge); // Processing Stream

    // Stream mittels Processing Stream auslesen
    String line = "";
    while ((line = reader.readLine()) != null) { System.out.println(line); }

    // Schließen der Streams nicht vergessen
    reader.close(); bridge.close(); is.close();
}
import java.io.*;
    
```

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme 18

Worum geht es nun?

Das Streamkonzept

Beispiel: Textdatei zeilenweise auslesen

Beispiel: Textdatei zeilenweise schreiben

Flexibel kombinieren um Daten zu lesen und zu speichern

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

Beispiel: Datei zeilenweise schreiben

```

/**
 * Schreibt einhundert mal "Hallo mein Name ist Hase {x}" in eine Textdatei.
 * Z.B. durch den Aufruf writeFile("~/Desktop/test.txt");
 * @param path Pfad der Datei in die geschrieben werden soll
 */
public static void writeFile(String path) throws Exception {
    OutputStream os = new FileOutputStream(path); // Sink Stream
    OutputStreamWriter bridge = new OutputStreamWriter(os); // Bridge Stream
    BufferedWriter writer = new BufferedWriter(bridge); // Writer Stream

    // Stream mittels Processing Stream befüllen
    for (int i = 1; i <= 100; i++) {
        writer.write("Hallo mein Name ist Hase " + i + "\n");
    }

    // Schließen der Streams nicht vergessen
    writer.close(); bridge.close(); os.close();
}
    
```

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

Worum geht es nun?

Das Streamkonzept

Beispiel: Textdatei zeilenweise auslesen

Beispiel: Textdatei zeilenweise schreiben

Flexibel kombinieren um Daten zu lesen und zu speichern

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme 21

Kann man damit auch aus dem Internet lesen?

Streams sind Datenströme, die aus beliebigen Datensinken und –quellen entstammen können. Es müssen also nicht immer nur Dateien sein, aus denen man Daten einliest oder hinein schreibt.

Sie sollen jetzt den HTML Code der Website der Fachhochschule Lübeck (<http://www.fh-luebeck.de>) auslesen und in einer Datei speichern.

Tipp: Einen Sink Stream von einer über einer URL adressierbaren Remote Quelle können Sie wie folgt erzeugen.

```

import java.net.URL;

URL url = new URL("http://www.fh-luebeck.de");
InputStream i = url.openStream();
    
```

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme 22

Beispiel: HTML der FH-Lübeck speichern

```

/**
 * Liest den Inhalt von einer Url (bspw. Webseite) und kopiert diesen in eine Datei.
 * Z.B. durch Aufruf von
 * copyFromUrlToFile("http://www.fh-luebeck.de", "~/Users/None/Desktop/fhl.html");
 */
public static void copyFromUrlToFile(String src, String to) throws Exception {
    URL url = new URL(src);

    // Diesmal bauen wir die Stream Kaskaden jeweils in einer Zeile auf
    BufferedReader input = new BufferedReader(new InputStreamReader(url.openStream()));
    BufferedWriter output = new BufferedWriter(new OutputStreamWriter(
        new FileOutputStream(to)
    ));

    // Input Stream in Output Stream kopieren
    String line = "";
    while ((line = input.readLine()) != null) { output.write(line + "\n"); }

    // Schließen der Streams nicht vergessen
    input.close(); output.close();
}
    
```

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

Beispiel: HTML der FH-Lübeck speichern

```

/**
 * Liest den Inhalt von einer Url (bspw. Webseite) und kopiert diesen in eine Datei.
 * Z.B. durch Aufruf von
 * copyFromUrlToFile("http://www.fh-luebeck.de", "~/Users/None/Desktop/fhl.html");
 */
public static void copyFromUrlToFile(String src, String to) throws Exception {
    URL url = new URL(src);

    // Diesmal bauen wir die Stream Kaskaden jeweils in einer Zeile auf
    BufferedReader input = new BufferedReader(new InputStreamReader(url.openStream()));
    BufferedWriter output = new BufferedWriter(new OutputStreamWriter(
        new FileOutputStream(to)
    ));

    // Input Stream in Output Stream kopieren
    String line = "";
    while ((line = input.readLine()) != null) {
        System.out.println(line);
        output.write(line + "\n");
    }

    // Schließen der Streams nicht vergessen
    input.close(); output.close();
}
    
```

Was müssen wir ändern, wenn wir die Quelle auf der Konsole ausgeben wollen?

Hat denselben Effekt wie ...

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

Fazit:

- Durch die Trennung von
 - Sink und Spring Streams (Quelle und Ziel)
 - Bridge Streams (Zeichen oder Bytes)
 - und Processing Streams (Inhalt)
- hat man sehr flexible Möglichkeiten, um Datenströme definieren zu können.
- Das tatsächliche Speicher-, Transfer- oder Ausgabemedium kann erst sehr spät festgelegt und auch jederzeit geändert werden, ohne den Rest der Logik anpassen zu müssen ☺
- Dafür ist das einfache Öffnen und Auslesen einer Datei leider etwas komplizierter als in anderen Sprachen üblich ☺



Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme 26

Themen dieser Unit

Dateien und Verzeichnisse

- File Objekt
- Dateien/Verzeichnisse erzeugen, löschen, umbenennen
- Zustände von Dateien/Verzeichnissen abfragen

I/O Streams

- Das Stream Konzept
- Aus Quellen lesen
- In Senken schreiben

Serialisierung

- Objektzustände speichern
- Objektzustände wiederherstellen



Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme 28

(De-)serialisierung

Serialisierung bezeichnet eine Abbildung von **strukturierten Daten** auf eine sequenzielle Darstellungsform. Serialisierung wird hauptsächlich für die Speicherung von Objektzuständen in **Dateien** und für die Übertragung von Objektzuständen über das **Netzwerk** verwendet.

Hierzu wird der komplette **Zustand des Objektes**, inklusive aller referenzierten Objekte, in einen speicherbaren **Datenstrom** umgewandelt.

Die Umkehrung der Serialisierung, also die Umwandlung eines Datenstroms in Objekte, wird als Deserialisierung bezeichnet.

Quelle: Wikipedia DE (Serialisierung)

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme 27

(De-)serialisierung in Java

In Java ist es sehr einfach Objekte zu serialisieren. Hierdurch können Objektzustände nicht nur im Hauptspeicher (also zur Laufzeit eines Programms) existieren, sondern auch persistent in Streams geschrieben, bzw. aus diesen gelesen werden.

Hierzu existieren die beiden Bytestrom basierten Processing Streams

`ObjectInputStream`
`ObjectOutputStream`

Sie lassen sich gem. der gezeigten Stream Systematik einsetzen, um Objektzustände zu speichern und wiederherstellen zu können.

Alle Objekte von Klassen, die die Schnittstelle `Serializable` implementiert haben, lassen sich auf diese Weise persistent speichern.

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme 28

Beispiel einer serialisierbaren Klasse

```

public class Person implements Serializable {
    // Diese UID benötigt, um Objekte wiederherzustellen.
    // Sie sollte geändert werden, wenn sich Datenfelder einer Klasse ändern.
    private static final long serialVersionUID = -908617578468517632L;

    public String vorname = "";
    public String nachname = "";
    public int alter;

    public Person(String vn, String nn, int a) {
        this.vorname = vn;
        this.nachname = nn;
        this.alter = a;
    }

    public String toString() {
        return vorname + " " + nachname + " (" + alter + ")";
    }
}
    
```

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

Ausnahmen von Datenfelder aus dem Serialisierungsprozess

Ggf. soll bei Objekten, nicht der komplette Objektzustand serialisiert werden (z.B. weil Passwortinformationen nicht im Klartext in Dateien gespeichert werden sollen). Dann können diese Datenfelder als **transient** markiert werden, um sie aus dem Serialisierungsprozess auszunehmen.

Bei der Deserialisierung werden diese Datenfelder mit der Default-Initialisierung belegt.

```

public class Person implements Serializable {
    public String vorname = "";
    public String nachname = "";
    public transient String password = "";
    public int alter;

    [...]
}
    
```

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

Serialisieren von Objekten



Folgender Code erzeugt 100 zufällige Personen zufälligen Alters und speichert diese in einer Datei.

```
Random rand = new Random();

String[] vornamen = { "Maren", "Max", "Moritz", "Magda", "Morrie" };
String[] nachnamen = { "Mustermann", "Musterfrau", "Momsen", "Meier", "Müller" };

ObjectOutputStream out = new ObjectOutputStream(
    new FileOutputStream("Users/Name/Desktop/personen.ser")
);

for (int i = 1; i <= 100; i++) {
    String vn = vornamen[rand.nextInt(vornamen.length)];
    String nn = nachnamen[rand.nextInt(nachnamen.length)];
    Person p = new Person(vn, nn, rand.nextInt(100));
    out.writeObject(p);
}

out.close();
```

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme 31

Deserialisieren von Objekten



Folgender Code liest in einer Datei gespeicherte Personen ein und gibt diese aus.

```
ObjectInputStream in = new ObjectInputStream(
    new FileInputStream("Users/Name/Desktop/personen.ser")
);

Person p;
while ((p = (Person)in.readObject()) != null) {
    System.out.println(p);
}
in.close();
```

De-/Serialisierung funktioniert dabei nicht nur auf Einzelobjektebene, sondern auch komplexe Objektabhängigkeiten lassen sich serialisieren. Beim Serialisieren eines Objekts werden dabei Referenzen auf Objekte rekursiv durchlaufen. Beim deserialisieren entsprechend anders herum.

Zum Beispiel sind alle Collection Klassen in Java serialisierbar.

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme 32

Serialisieren von Collections



Folgender Code erzeugt 100 zufällige Personen zufälligen Alters und speichert diese in einer Datei als Collection.

```
Random rand = new Random();

String[] vornamen = { "Maren", "Max", "Moritz", "Magda", "Morrie" };
String[] nachnamen = { "Mustermann", "Musterfrau", "Momsen", "Meier", "Müller" };

ObjectOutputStream out = new ObjectOutputStream(
    new FileOutputStream("Users/Name/Desktop/personen.ser")
);

List<Person> personen = new LinkedList<Person>();

for (int i = 1; i <= 100; i++) {
    String vn = vornamen[rand.nextInt(vornamen.length)];
    String nn = nachnamen[rand.nextInt(nachnamen.length)];
    personen.add(new Person(vn, nn, rand.nextInt(100)));
}

out.writeObject(personen);
out.close();
```

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme 33

Deserialisieren von Collections



Folgender Code liest diese mittels einer Collection in einer Datei gespeicherten Personen ein und gibt diese aus.

```
ObjectInputStream in = new ObjectInputStream(
    new FileInputStream("Users/Name/Desktop/personen.ser")
);

List<Person> personen = (List<Person>)in.readObject();
in.close();

for (Person p : personen) { System.out.println(p); }
```

Es lassen sich somit auch komplexe Objektstrukturen sehr einfach einer Serialisierung unterwerfen.

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme 34

Zusammenfassung



- **File Objekt**
 - Zugriff auf das Dateisystem
 - Erzeugen und Zugreifen auf Dateien und Verzeichnisse
- **Streams**
 - Datenströme sequentiell erzeugen/verarbeiten
 - Sink und Spring Streams
 - Bridge Streams
 - Processing Streams
 - Flexibel kombinieren
- **Objekte Serialisieren**
 - Schnittstelle `Serializable`
 - Serialisieren (Objektzustand/Collections speichern)
 - Deserialisieren (Objektzustand/Collections wiederherstellen)



Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme 35