Objektorientierte und Funktionale Programmierung

SS 2014

5 Programmierung mit Java

5 Programmierung mit Java ...

Lernziele

- Kennenlernen wichtiger Teile der Java Klassenbibliothek
- Dateien in Java lesen und schreiben können
- Collection-Klassen kennen und nutzen können
- Einfache graphische Bedienoberflächen erstellen können

Literatur

- [Bi01], Kap. 4.1, 4.5, 6.5, 8.3, 10-13
- [Ba99], Kap. 2.18-2.20
- [BK03], Kap. 4, 5
- [HC05] Band 1, Kap. 12, 7-9; Band 2, Kap. 1, 2
- Java-Klassendokumentation:
  `http://java.sun.com/javase/6/docs/api`

5 Programmierung mit Java ...

Inhalt

- Pakete der Java-Klassenbibliothek
- Dateien, Ströme und Serialisierung
- Das Java Collection Framework
- Programmierung graphischer Bedienoberflächen
- Threads
- Applets

5.1 Pakete der Java-Klassenbibliothek

- Die Sprache Java wird von einer (standardisierten) Klassenbibliothek ergänzt
  - Version 1.6 (Standard Edition) enthält 3793 Klassen in 203 Paketen
- Häufig genutzte Pakete:
  - `java.lang`: Klassen, die zum Kern der Sprache Java gehören
    - z.B.: `String`, `StringBuffer`, `Object`, `System`, ...
    - müssen nicht explizit importiert werden
  - `java.io`: Ein- und Ausgabe (Konsole und Dateien)
  - `java.util`: nützliche Hilfsklassen
    - u.a. Java Collection Framework (Container-Klassen)

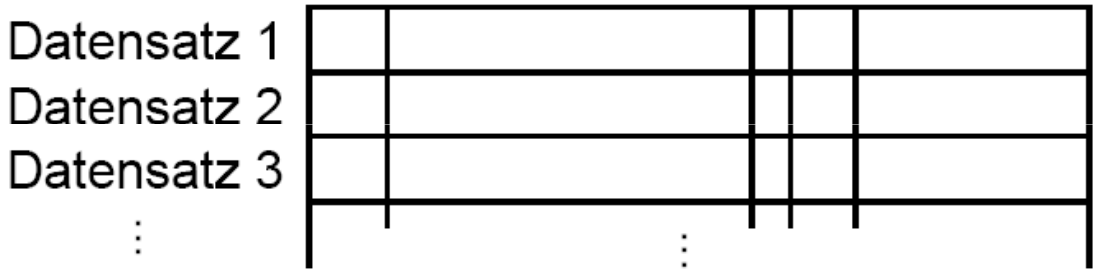
5.1 Pakete der Java-Klassenbibliothek ...

- Häufig genutzte Pakete ...:
  - `java.awt`: Elemente für Bedienoberflächen
    - Fenster, Menüs, Knöpfe, Textfelder ...
    - Graphikobjekte, Bilder, ...
    - Ereignisbearbeitung
  - `javax.swing`: verbesserte Bibliothek für Bedienoberflächen
  - `java.net`: Netzwerkkommunikation
  - `java.sql`: Datenbank-Anbindung
  - `java.beans`: Komponentenmodell
  - ...
- Dokumentation aller Pakete und Klassen im WWW:
  - `http://java.sun.com/javase/6/docs/api`

5.2 Dateien, Ströme und Serialisierung

5.2.1 Die Datenstruktur ”Datei“ (*file*)

- Eine **Datei** ist eine nach bestimmten Gesichtspunkten zusammengestellte Menge von Daten
- Sie besteht aus einer Folge gleichartig aufgebauter Datensätze



  - ein Datensatz besteht aus mehreren Feldern unterschiedlichen Typs
  - die Anzahl der Datensätze muss nicht festgelegt werden
- Dateien werden i.d.R. dauerhaft auf Hintergrundspeichern (z.B. Magnetplatte) gespeichert

5.2.1 Die Datenstruktur ”Datei“ (*file) ...*

Gängige Datei-Organisationen

➢ Sequentielle Datei

- ➢ Daten sind fortlaufend gespeichert und können nur in dieser Reihenfolge gelesen werden
- ➢ es gibt ein Dateifenster, das bei jedem Lesen bzw. Schreiben um eine Position (einen Datensatz) weiterrückt
- ➢ es kann nur jeweils der Datensatz im Dateifenster gelesen bzw. geschrieben werden

Dateifenster

Adleman	1978	RSA
Diffie	1976	Key Exchange
Rivest	1978	RSA
Shamir	1978	RSA

- ➢ das Dateifenster kann z.T. auch direkt positioniert werden

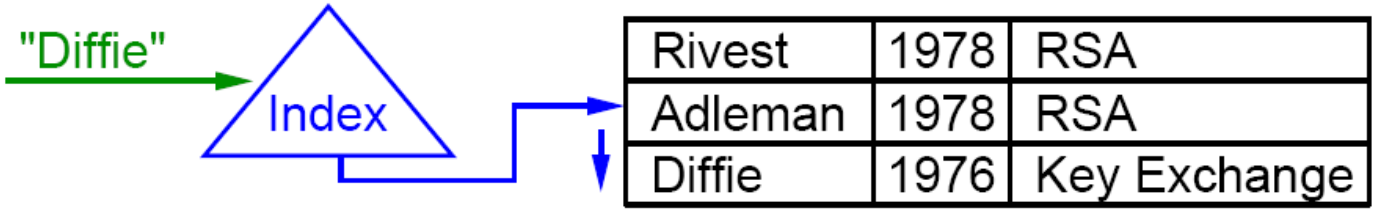
5.2.1 Die Datenstruktur ”Datei“ (*file) ...*

➢ Direkte Datei

- ➢ Zugriff auf Datensätze erfolgt über einen Schlüssel, aus dem direkt die Position in der Datei bestimmt wird

➢ Indexsequentielle Datei: Mischform

- ➢ Nutzung einer Tabelle (Index), die für einen Schlüssel in die Nähe des Datensatzes führt. Von dort aus sequentielle Suche



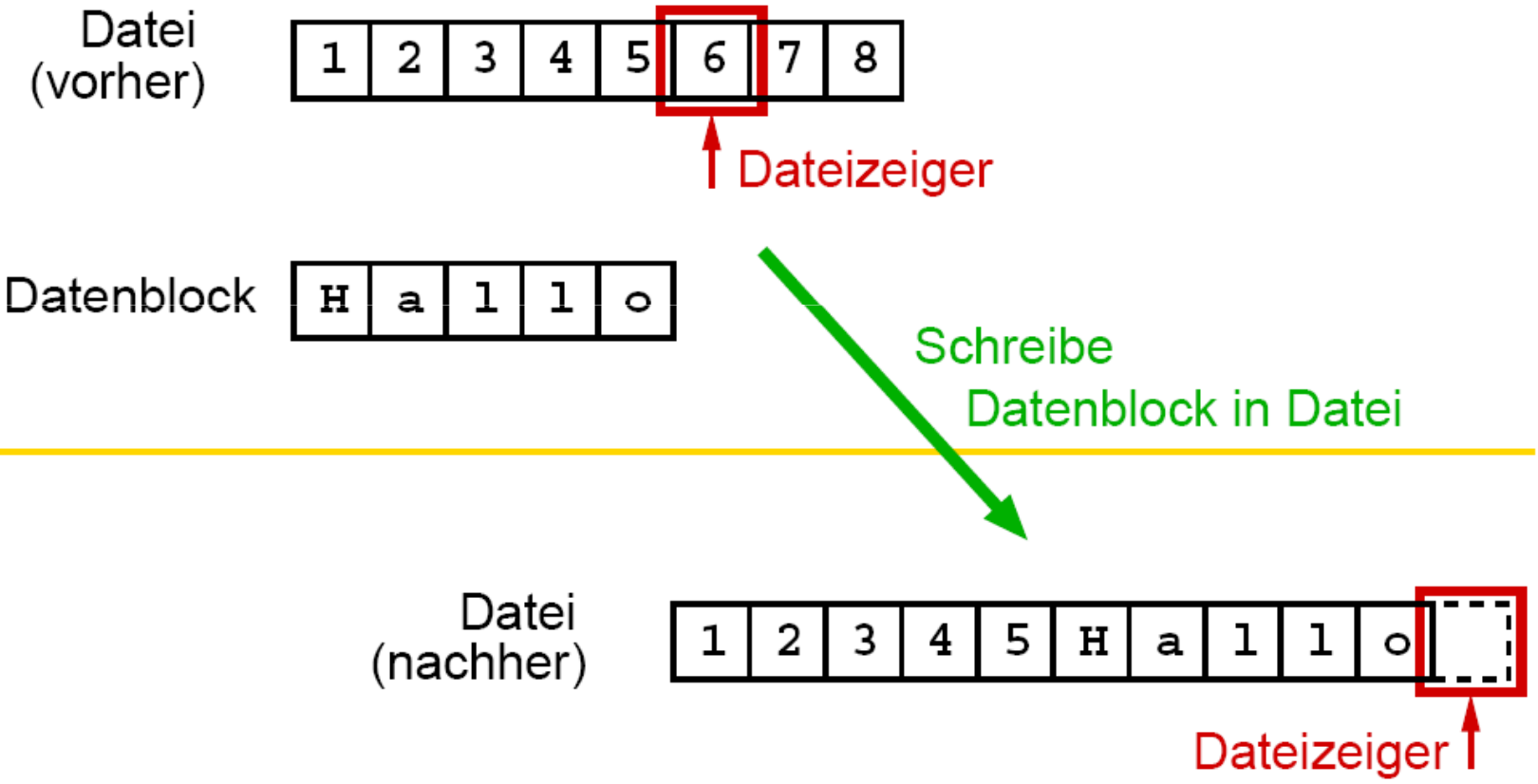
5.2.1 Die Datenstruktur ”Datei“ (*file) ...*

Das Dateimodell von Java

- Eine Datei in Java ist eine (unstrukturierte) Folge von Bytes
  - z.B. Textdatei: Folge von 8-Bit-Zeichen
- Nach dem Öffnen einer Datei verweist ein **Dateizeiger** auf das nächste zu lesende bzw. zu schreibende Byte
- Lese- und Schreiboperationen kopieren einen Datenblock aus der Datei bzw. in die Datei
  - der Dateizeiger wird entsprechend weitergeschoben
- Lesen über das Dateiende hinaus (***End-of-file, EOF)*** ist *nicht* möglich
- Schreiben über das Dateiende führt zum *Anfügen* an die Datei
- Der Dateizeiger kann auch explizit positioniert werden

5.2.1 Die Datenstruktur ”Datei“ (*file) ...*

Beispiel: Schreiben in eine (Text-)Datei



5.2.1 Die Datenstruktur ”Datei“ (*file) ...*

Grundoperationen auf Dateien

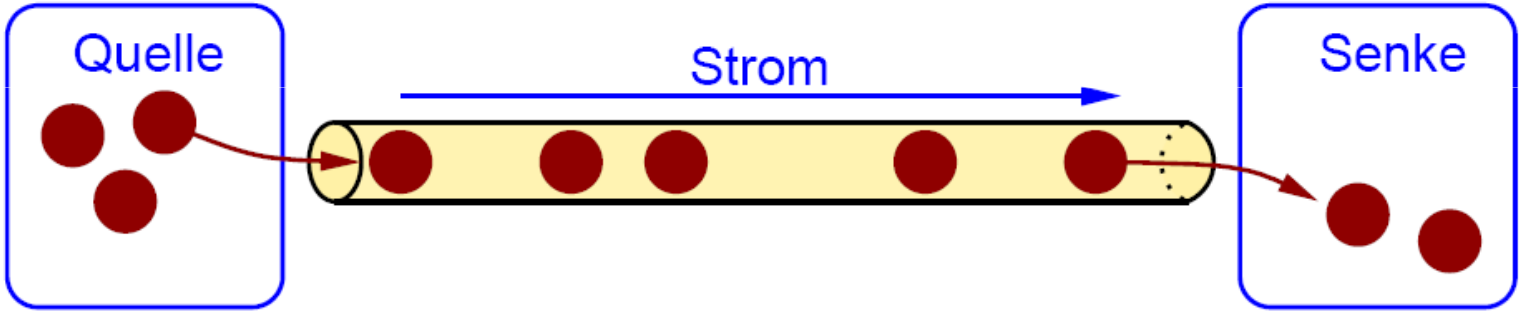
- **öffnen (*open*)** *einer durch ihren Namen gegebenen Datei*
  - zum Lesen: Dateizeiger wird auf Anfang positioniert
  - zum Schreiben: Dateizeiger wird auf Anfang bzw. Ende positioniert (überschreiben der Datei bzw. Anfügen)
  - i.d.R. wird beim Öffnen auch ein **Dateipuffer** eingerichtet
    - speichert einen Teil der Datei im Hauptspeicher zwischen
    - verhindert, dass jede Datei-Operation sofort auf dem langsamen Hintergrundspeicher ausgeführt werden muss
- **Schließen (*close*)** *einer geöffneten Datei*
  - Dateien sollten nach Verwendung immer geschlossen werden
    - sonst evtl. Datenverlust: Zurückschreiben des Dateipuffers
  - nach dem Schließen sind keine Operationen mehr zulässig

5.2.1 Die Datenstruktur ”Datei“ (*file) ...*

- **Lesen (*read*)** eines Datenblocks
  - die Daten ab dem Dateizeiger werden in eine Variable (z.B. Byte-Array) kopiert
  - Dateizeiger wird entsprechend weiterbewegt
- **Schreiben (*write*)** eines Datenblocks
  - Inhalt einer Variable (z.B. Byte-Array) wird ab dem Dateizeiger in die Datei kopiert (ggf. angefügt)
  - Dateizeiger wird entsprechend weiterbewegt
- ***flush:*** Leeren des Dateipuffers
  - Inhalt des Dateipuffers wird in die Datei zurückgeschrieben
- ***seek:*** explizites Positionieren des Dateizeigers
  - ermöglicht wahlfreien Zugriff auf die Datei

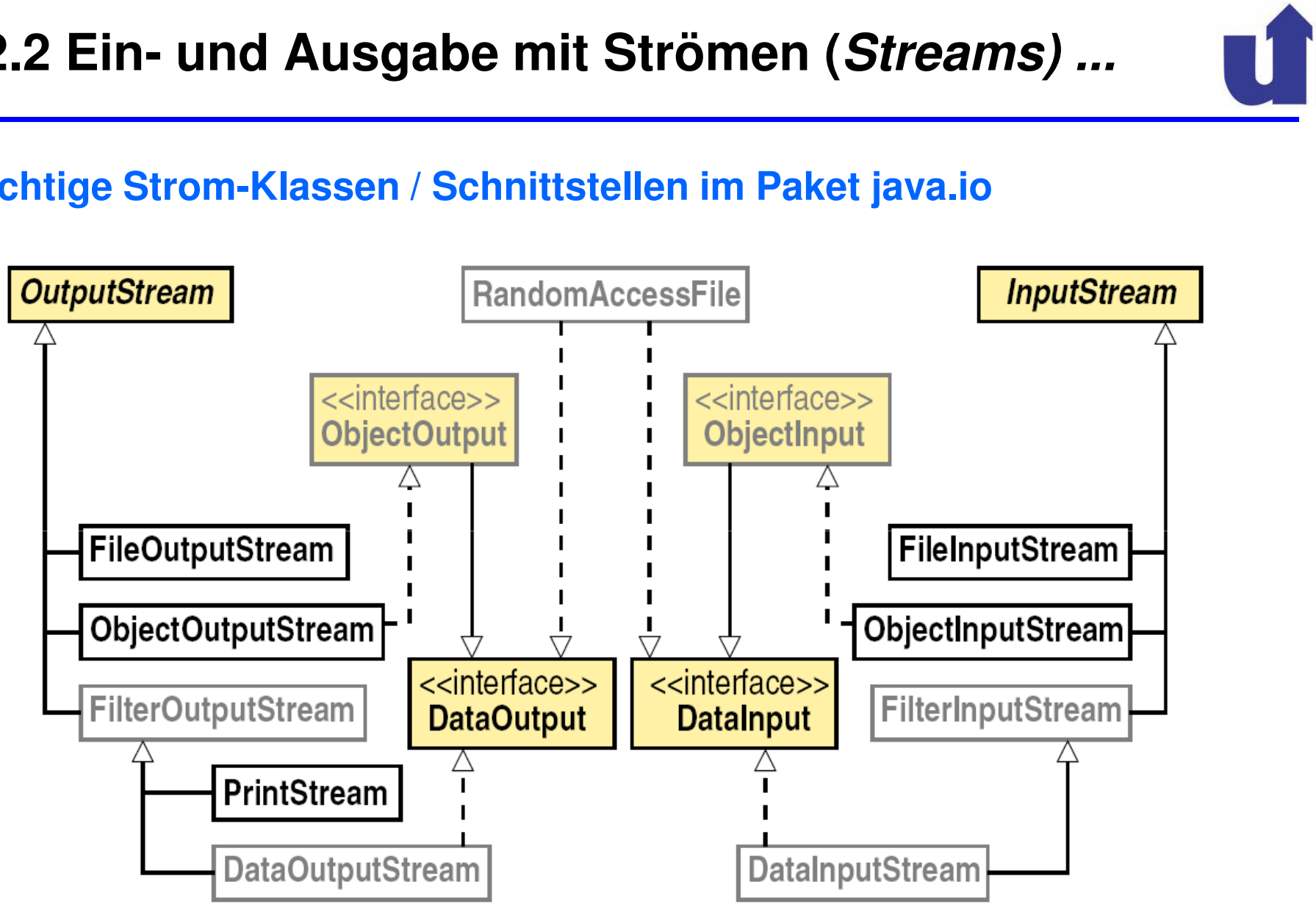
5.2.2 Ein- und Ausgabe mit Strömen (*Streams)*

- In Java erfolgt jede Ein-/Ausgabe (auch in Dateien) über Ströme
  - sie stellen die Schnittstelle des Programms nach außen dar
- Ein **Strom** ist eine geordnete Folge von Daten mit einer Quelle und einer Senke



  - Ströme sind i.d.R. unidirektional (entweder Ein- oder Ausgabe)
  - ein Strom puffert die Daten so lange, bis sie von der Senke entnommen werden (Warteschlange)

5.2.2 Ein- und Ausgabe mit Strömen (*Streams*) ...



Wichtige Strom-Klassen / Schnittstellen im Paket java.io

5.2.2 Ein- und Ausgabe mit Strömen (*Streams*) ...

Wichtige Strom-Klassen / Schnittstellen im Paket `java.io` ...

- Abstrakte Basisklassen: `InputStream, OutputStream`
  - allgemeine Ströme für Ein- bzw. Ausgabe
- Dateiströme: `FileInputStream, FileOutputStream`
  - spezielle Ströme für die Ein-/Ausgabe auf Dateien
- Bidirektionaler Dateistrom: `RandomAccessFile`
  - ermöglicht zusätzlich Positionieren des Dateizeigers
- Filterströme: `FilterInputStream, FilterOutputStream`
  - erhalten Daten von einem anderen Strom und filtern diese bzw. geben gefilterte Daten an einen anderen Strom weiter
  - Filterung: z.B. Umwandlung von Datentypen in Byteströme

5.2.2 Ein- und Ausgabe mit Strömen (*Streams*) ...

Wichtige Strom-Klassen / Schnittstellen im Paket java.io ...

- Schnittstellen DataInput, DataOutput
  - definieren Operationen zur Ein-/Ausgabe von einfachen Datentypen (int, double, ...) und Strings
  - implementiert von den Filterströmen `DataInputStream, DataOutputStream`
- Schnittstellen `ObjectInput, ObjectOutput`
  - definieren Operationen zur Ein-/Ausgabe von Objekten
  - implementiert von den Strömen `ObjectInputStream, ObjectOutputStream`
- Strom zur formatierten Text-Ausgabe von Daten: `PrintStream`

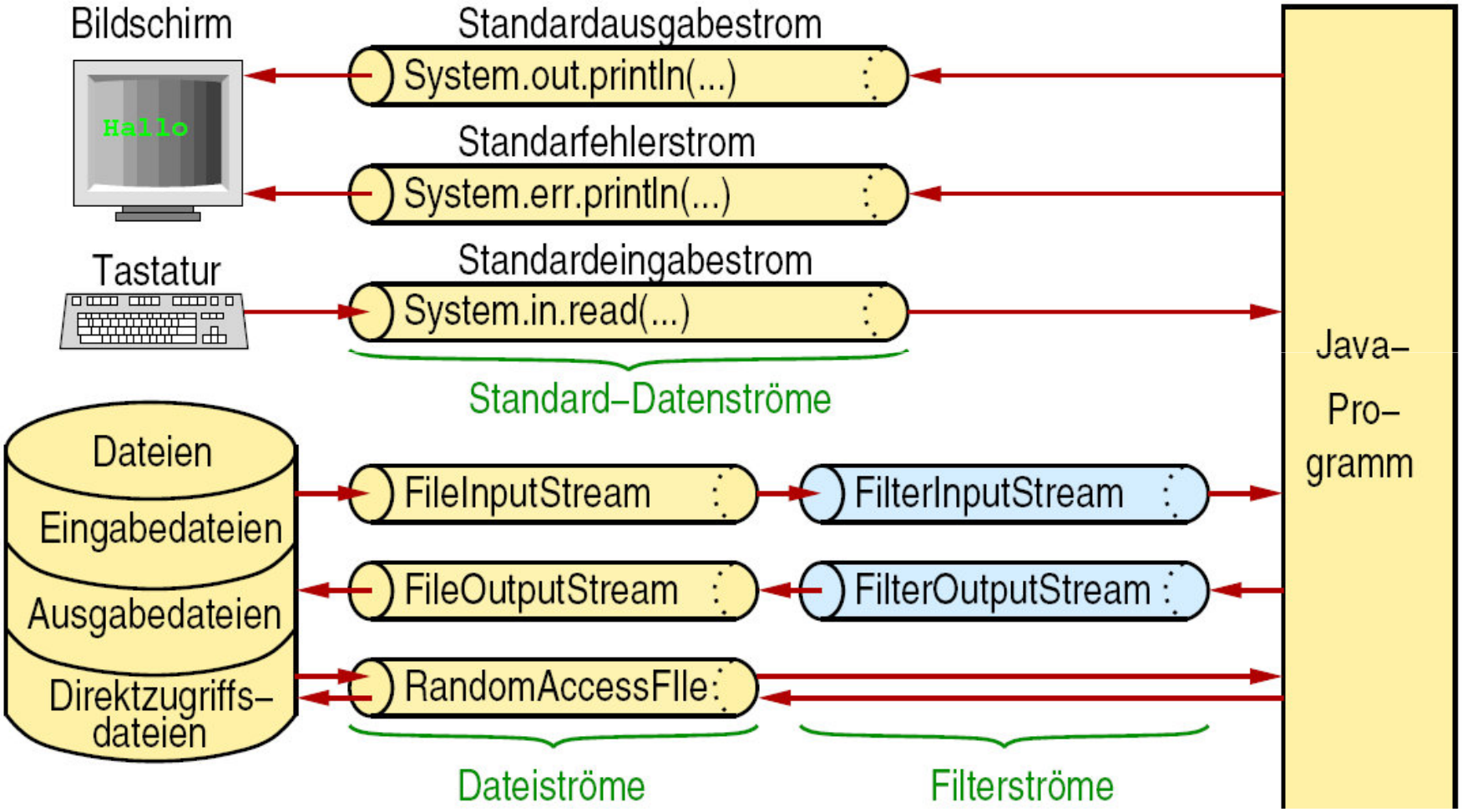
5.2.2 Ein- und Ausgabe mit Strömen (*Streams*) ...

Standard-Datenströme

- Java definiert drei Standard-Datenströme für die Ein-/Ausgabe von / zur Konsole:
  - `InputStream System.in`
    - zum Einlesen von Zeichen von der Tastatur
  - `PrintStream System.out`
    - zur Ausgabe von Zeichen auf den Bildschirm
    - z.B. System.out.println("Hallo");
  - `PrintStream System.err`
    - zur Ausgabe von Zeichen auf den Bildschirm
    - speziell für Fehlermeldungen

5.2.2 Ein- und Ausgabe mit Strömen (*Streams*) ...

Veranschaulichung des Stromkonzepts in Java



5.2.2 Ein- und Ausgabe mit Strömen (*Streams*) ...

Wichtige Operationen der Klasse `InputStream`

- `abstract int read() throws IOException`
  - liest ein Byte (0 ... 255) aus dem Strom
  - blockiert, falls keine Eingabe verfügbar ist
  - am Stromende (z.B. Dateiende) wird -1 zurückgegeben
- `int read(byte[] buf) throws IOException`
  - liest bis zu buf.length Bytes aus dem Strom
  - blockiert, bis eine Eingabe verfügbar ist
  - Ergebnis: Zahl der gelesenen Bytes bzw. -1 am Stromende
- `void close() throws IOException`
  - schließt den Strom: Freigabe belegter Ressourcen

5.2.2 Ein- und Ausgabe mit Strömen (*Streams*) ...

Wichtige Operationen der Klasse `OutputStream`

- `abstract void write(int b) throws IOException`
  - schreibt das Byte b (0 ... 255) in den Strom
  - (nur die unteren 8 Bit von b sind relevant)
- `void write(byte[] buf) throws IOException`
  - schreibt die Bytes aus buf in den Strom
- `void flush() throws IOException`
  - leert den Puffer des Stroms
  - alle noch im Puffer stehenden Bytes werden z.B. auf den Bildschirm oder in die Datei geschrieben
- `void close() throws IOException`
  - schließt den Strom: Freigabe belegter Ressourcen

5.2.2 Ein- und Ausgabe mit Strömen (*Streams*) ...

Beispiel: Bytes im Eingabestrom zählen (+ WWW: Count.java)

```
import java.io.*;
public class Count {
   // IOException wird nicht gefangen, dies muß deklariert werden
   public static void main(String[] args) throws IOException {
        int count = 0;
        // Zeichen einlesen bis Stromende (^D, ^Z)
        while (System.in.read() != -1)
               count++;
        String msg = "Eingabe hatte " + count + " Bytes\n";
        // Nur zur Demonstration. Ausgabe i.a. mit println()
        System.out.write(msg.getBytes());
   }
}
```

5.2.2 Ein- und Ausgabe mit Strömen (*Streams*) ...

Dateiströme

- Konstruktoren (u.a.):
  - `FileInputStream(String path) throws FileNotFoundException`
    - öffnet Datei mit angegebenem Namen zum Lesen
  - `FileOutputStream(String path) throws FileNotFoundException`
    - öffnet Datei mit angegebenem Namen zum Schreiben
    - Datei wird ggf. neu erzeugt
- Operationen:
  - werden von InputStream bzw. OutputStream geerbt
  - teilweise mit neuen Implementierungen überschrieben

5.2.2 Ein- und Ausgabe mit Strömen (*Streams*) ...

Beispiel: Datei kopieren

```
public static void copyFile(String from, String to)
                    throws IOException {
  // Ein– und Ausgabedateien öffnen
  FileInputStream in = new FileInputStream(from);
  FileOutputStream out = new FileOutputStream(to);
  // Datei byteweise kopieren
  int b = in.read();
  while (b != -1) {
    out.write(b);
    b = in.read();
  }
  // Dateien schließen
  in.close();
  out.close();
}
```

Alternative Codierung der Schleife:

```
int b;
while ((b = in.read()) != -1) {
  out.write(b);
}
```

5.2.2 Ein- und Ausgabe mit Strömen (*Streams*) ...

Beispiel: Datei kopieren ...

```
// Aufruf: java CopyFile <Eingabedatei> <Ausgabedatei>
public static void main(String[] args) {
  if (args.length != 2) {
    System.err.println("Programm benötigt 2 Argumente: " +
                       "<Eingabedatei> <Ausgabedatei>");
    return;
  }
  try {
    copyFile(args[0], args[1]);
  }
  catch (IOException e) {
    System.err.println("Fehler beim Kopieren: " + e);
  }
}
```

5.2.3 Serialisierung von Objekten

- **Ziel:** einmal erzeugte Objekte sollen auch über das Ende des Programms hinaus gespeichert bleiben
- **Persistenz:** Langfristige Speicherung von Objekten mit ihren Zuständen und Beziehungen, so dass ein analoger Zustand im Arbeitsspeicher wiederhergestellt werden kann
- **Serialisierung:** Umwandlung des Zustands eines Objekts in einen **Byte-Strom** bzw. umgekehrt (Deserialisierung)
  - der Byte-Strom lässt sich dann in eine Datei ausgeben bzw. von dort wieder einlesen
  - das Objekt kann dabei Referenzen auf Arrays und andere Objekte enthalten, die automatisch mit serialisiert werden

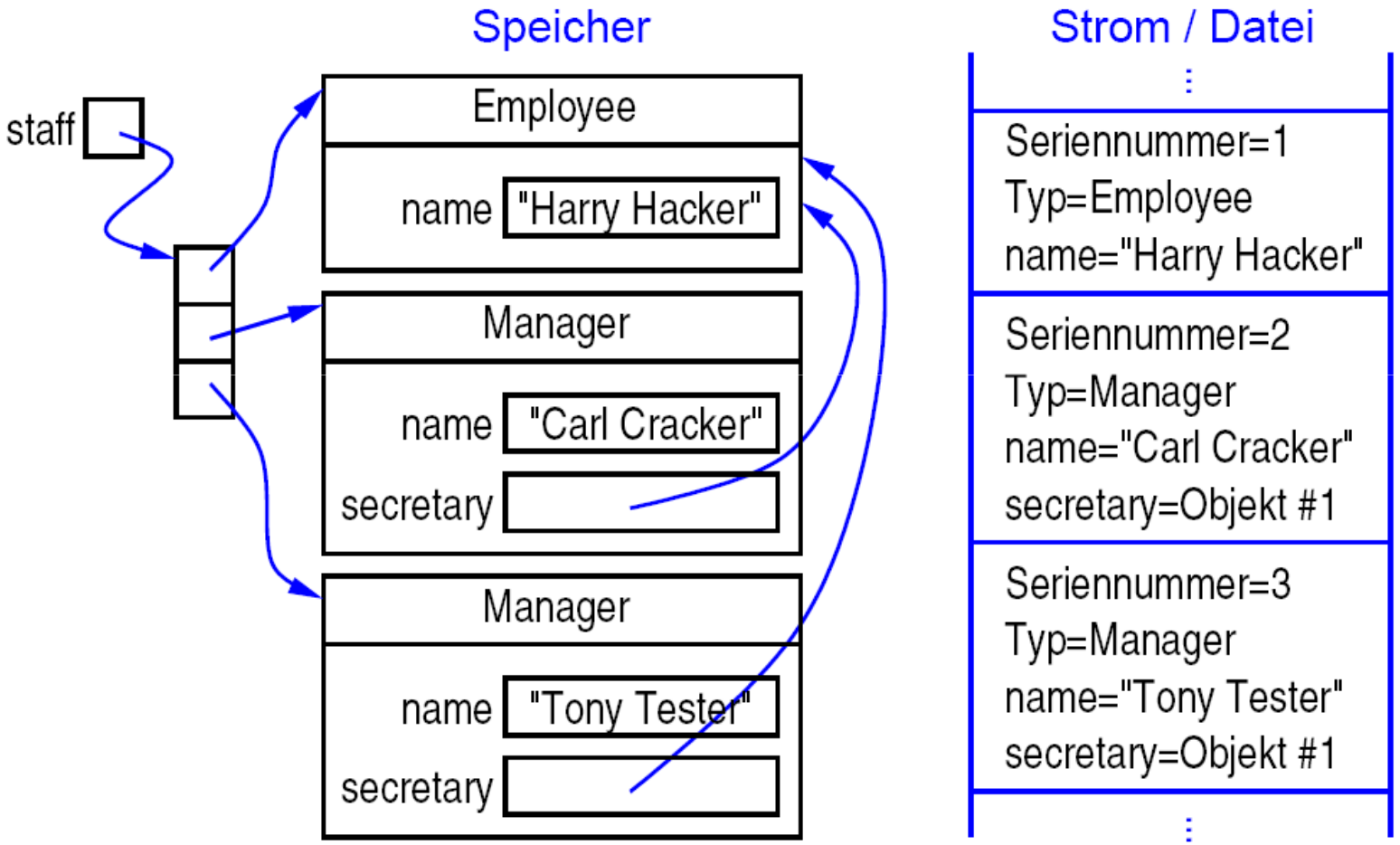
5.2.3 Serialisierung von Objekten ...

Was geschieht bei der Serialisierung eines Objekts / Arrays?

- 1. Erzeuge eine eindeutige Seriennummer für das Objekt und schreibe diese in den Strom
- 2. Schreibe Information zur Klasse in den Strom
  - u.a. Klassenname, Attributnamen und -typen
- 3. Für alle Attribute des Objektes (bzw. Elemente des Arrays):
  - falls keine Referenz: schreibe den Wert in den Strom
  - sonst: Z = Ziel der Referenz
    - falls Z noch nicht in diesen Strom serialisiert wurde:
      - serialisiere Z (Rekursion!)
    - sonst: schreibe die Seriennummer von Z in den Strom

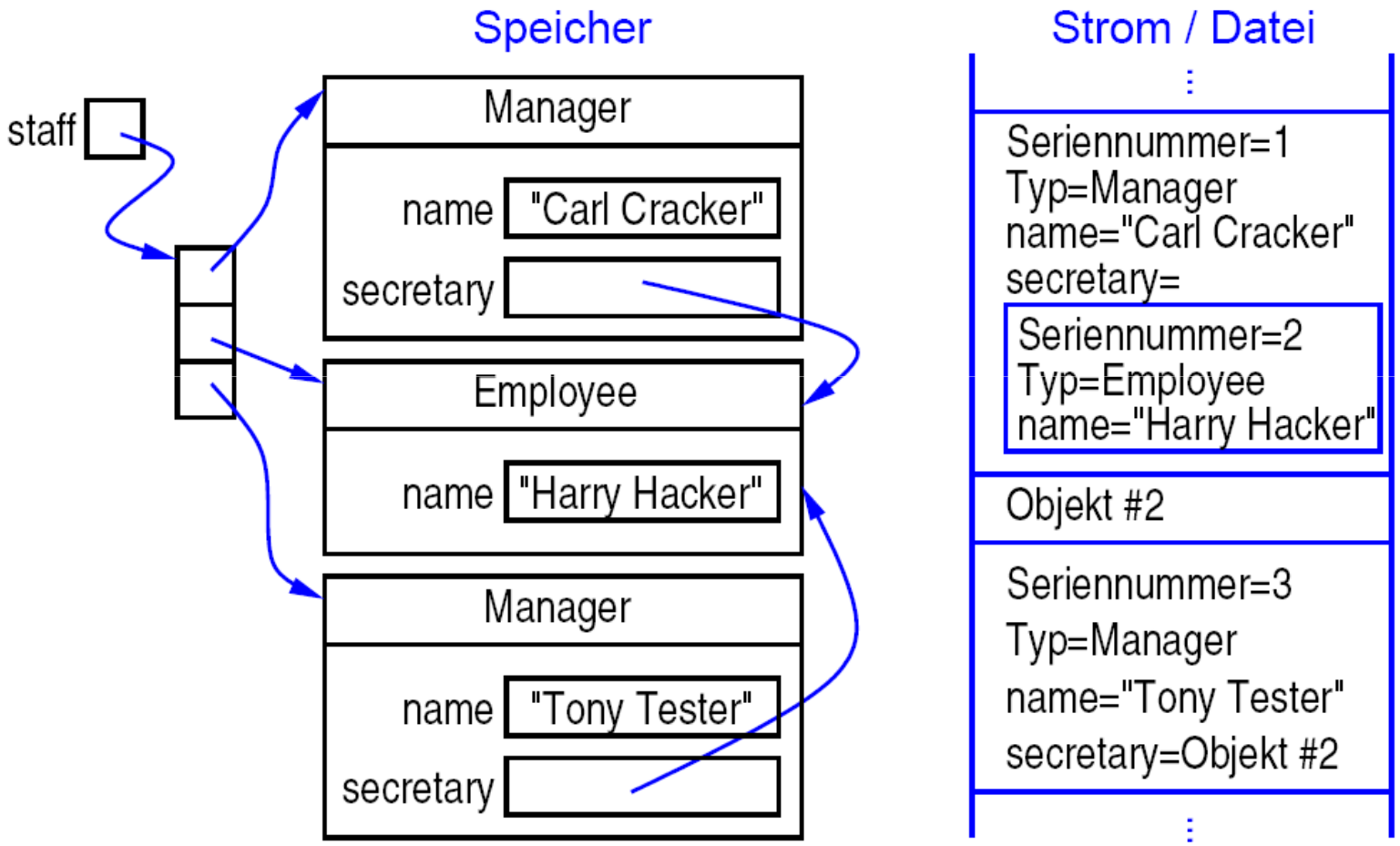
5.2.3 Serialisierung von Objekten ...

Beispiel



5.2.3 Serialisierung von Objekten ...

Beispiel



5.2.3 Serialisierung von Objekten ...

Voraussetzung für die Serialisierbarkeit von Objekten

- Die Klasse muß die Schnittstelle `Serializable` implementieren
  - `Serializable` besitzt weder Methoden noch Attribute (Interface `Serializable` in java.io)
  - die Schnittstelle dient nur der Markierung einer Klasse als serialisierbar (*Marker-Interface)*
- Zudem müssen alle Referenzen in dem Objekt wieder auf serialisierbare Objekte verweisen
- Beispiel:

```
class Person implements Serializable {
  private String name; // String ist serialisierbar
  private Address adresse;
}
class Address implements Serializable {
...
```

5.2.3 Serialisierung von Objekten ...

Die Klasse `ObjectOutputStream`

- Realisiert die Serialisierung von Objekten
- Konstruktor: `ObjectOutputStream(OutputStream out)throws IOException`
- `void writeObject(Object obj) throws IOException`
  - serialisiert obj in den Ausgabestrom
- `void reset() throws IOException`
  - löscht alle Information darüber, welche Objekte bereits in den Strom geschrieben wurden
  - nachfolgendes `writeObject()` schreibt Objekte erneut in den Strom
- zusätzlich: alle Methoden der Schnittstelle `DataOutput`

5.2.3 Serialisierung von Objekten ...

Was schreibt `writeObject(obj)` in den Ausgabestrom?

- Falls `obj` noch nicht in den Strom geschrieben wurde:
  - neben `obj` werden auch alle von `obj` aus erreichbaren Objekte serialisiert
  - es wird also immer ein ganzer **Objekt-Graph** serialisiert
    - `obj` heißt **Wurzelobjekt** des Objekt-Graphen
  - die Referenzen zwischen den Objekten werden bei der Deserialisierung automatisch wiederhergestellt
- Falls `obj` bereits in den Strom geschrieben wurde (und kein `reset()` ausgeführt wurde):
  - es wird nur ein ”Verweis“ (Seriennummer) auf das schon im Strom befindliche Objekt geschrieben

5.2.3 Serialisierung von Objekten ...

Die Klasse `ObjectInputStream`

- Konstruktor: `ObjectInputStream(InputStream in) throws IOException`
- `Object readObject() throws IOException`
  - liest das nächste Objekt aus dem Eingabestrom
  - falls Objekt bereits vorher gelesen wurde (ohne `reset`()): Ergebnis ist Referenz auf das schon existierende Objekt
  - sonst: Objekt und alle in Beziehung stehenden Objekte lesen
    - Objekte werden **neu erzeugt**, besitzen denselben Zustand und dieselben Beziehungen wie die geschriebenen Objekte
    - Ergebnis ist Referenz auf das Wurzelobjekt
  - i.d.R. explizite Typkonversion des Ergebnisses notwendig
- zusätzlich: alle Methoden der Schnittstelle `DataInput`

5.2.3 Serialisierung von Objekten ...

Die Schnittstellen `DataOutput` und `DataInput`

- Einige Methoden von DataOutput:
  - `void writeInt(int v) throws IOException`
    - schreibt ganze Zahl in den Strom (in Binärform: 4 Bytes)
  - `void writeDouble(double v) throws IOException`
    - schreibt Gleitkomma-Zahl (in Binärform: 8 Bytes)
- Einige Methoden von `DataInput`:
  - `int readInt() throws IOException`
  - `double readDouble() throws IOException`
  - bei Leseversuch am Dateiende: `EOFException`
- Weitere Operationen: siehe Java-Dokumentation

5.2.3 Serialisierung von Objekten ...

Beispiel: Studentendatei

```
import java.io.*;
class Name implements Serializable {
  String name
  String vorname;
  public Name(String n, String vn) { ... }
}
class Student implements Serializable {
  Name name
  int matrNr;
  double note;
  public Student(String n, String vn, int mn) {
    name = new Name(n, vn); ...
  }
}
```

5.2.3 Serialisierung von Objekten ...

Beispiel: Studentendatei ...

```
public static void main(String[] args) {
  ObjectOutputStream oos = null;
  try {
    Student s = new Student("Hugo","Test",12345678);
    oos = new ObjectOutputStream(
                    new FileOutputStream("out.ser"));
    oos.writeObject(s); // Schreibe Objekt s
    s.setNote(3.7);
    oos.reset(); // Sonst wird nur eine weitere Referenz
                 // auf dasselbe Objekt geschrieben
    oos.writeObject(s); // Schreibe Objekt s nochmal
  }
  catch (...) { ... }
  finally { ... oos.close(); ... }
```

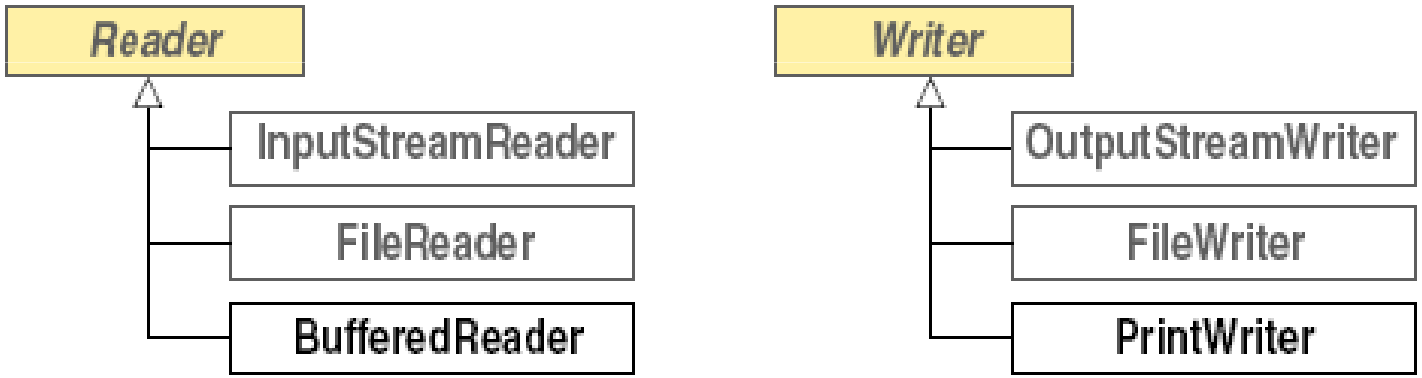
5.2.3 Serialisierung von Objekten ...

Beispiel: Studentendatei ...

```
ObjectInputStream ois = null;
try {
  ois = new ObjectInputStream(
                        new FileInputStream("out.ser"));
  // Objekte von Datei einlesen und Typ umwandeln
  Student s1 = (Student) ois.readObject();
  Student s2 = (Student) ois.readObject();
  System.out.println(s1);
  System.out.println(s2);
  System.out.println(s1 == s2);
}
catch (...) { ... }
finally { ... ois.close(); ... }
}
```

5.2.4 Formatierte Text-Ein-/Ausgabe

- Java-Ströme arbeiten byte-orientiert, nicht zeichen-orientiert
  - d.h. Daten werden im Strom binär übertragen, nicht als Text
- Für die text-basierte Ein-/Ausgabe stellt Java zusätzliche Klassen zur Verfügung, u.a.:



- `Reader` und `Writer` stellen Basis-Methoden für die zeichenweise Ein-/Ausgabe zur Verfügung

5.2.4 Formatierte Text-Ein-/Ausgabe ...

Wichtige *Reader- und Writer-Klassen*

- `InputStreamReader, OutputStreamWriter`
  - erlauben zeichenweise Ein-/Ausgabe über einen Byte-Strom
  - Umwandlung zwischen Zeichen und Bytes abhängig vom benutzten System-Zeichensatz (z.B. ISO-8859-1, UTF-8)
- `FileReader`, `FileWriter`: Hilfsklassen
  - erzeugen `InputStreamReader` auf `FileInputStream` bzw. `OutputStreamWriter` auf `FileOutputStream`
- `BufferedReader`: gepufferter `InputStreamReader`
  - erlaubt auch das Lesen von **Textzeilen aus dem Strom**
  - Methode `String readLine() throws IOException`
- `PrintWriter`: formatierte Text-Ausgabe von Daten / Objekten

5.2.4 Formatierte Text-Ein-/Ausgabe ...

Formatierte Ausgabe

- Die Klasse `PrintWriter` bietet zwei überladene Methoden zur Ausgabe von einfachen Datentypen, Strings und Objekten:
  - `void print(... arg)`, `void println(... arg)`
  - beide geben ihr Argument formatiert in den Strom aus
    - Objekte werden über ihre Methode `toString`() in Strings umgewandelt
  - die Methoden werfen keine Exceptions
  - `println`() gibt am Ende noch einen Zeilenvorschub aus
- Anmerkung: `System.out` und `System.err` sind Objekte der Klasse `PrintStream`
  - sie bietet (aus historischen Gründen) fast die gleiche Funktionalität wie `PrintWriter`

5.2.4 Formatierte Text-Ein-/Ausgabe ...

Erzeugung und Nutzung eines `PrintWriters`

- Konstruktoren: `PrintWriter(OutputStream out)`
  `PrintWriter(Writer out)`
- Beispiel: komma-separierte Ausgabe in eine Datei:

```
PrintWriter pw;
pw = new PrintWriter(new FileWriter("dat.txt"));
// oder ausführlicher:
// pw = new PrintWriter(new OutputStreamWriter(
// new FileOutputStream("dat.txt")));
for (int i=1; i<10; i++) {
        pw.println(i + "," + i*i + "," + Math.sqrt(i));
}
pw.close();
```

5.2.4 Formatierte Text-Ein-/Ausgabe ...

Formatierte Eingabe

- Die Klasse BufferedReader erlaubt das Einlesen von Textzeilen aus einem Strom
- Zur weiteren Aufteilung in einzelne Datenfelder kann die Methode

  `String[] split(String regex)`

  der Klasse String verwendet werden
  - `regex` definiert die Zeichenkette, die die Felder trennt, als **regulären Ausdruck** (= eine Form der Syntaxbeschreibung)
  - `regex` ist im einfachsten Fall ein einzelnes Trennzeichen
- Beispiel: komma-separierte Werte:

```
String zeile = "2,Hallo,0.1";
String[] felder = zeile.split(",");
// felder[0]="2", felder[1]="Hallo", felder[2]="0.1"
```

5.2.4 Formatierte Text-Ein-/Ausgabe ...

Formatierte Eingabe ...

- Verbleibende Aufgabe: Umwandlung der einzelnen Teilstrings in Werte einfacher Datentypen
- Lösung: Java definiert für jeden einfachen Datentyp eine entsprechende Wrapper-Klasse
  - z.B.: `Integer` für `int`, `Double` für `double`, `Boolean` für `boolean`
- Die Wrapper-Klassen besitzen u.a. eine statische Methode, die Strings in Werte des Typs umwandelt, z.B.:
  - `static int parseInt(String s)` in Klasse `Integer`
  - `static double parseDouble(String s)` in Klasse `Double`
  - bei syntaktisch inkorrekten Eingabestrings werfen die Methoden eine `NumberFormatException`
- (Daneben verpacken diese Klassen einfache Werte in Objekte)

5.2.4 Formatierte Text-Ein-/Ausgabe ...

Beispiel: Studentendatei

```
import java.io.*;
class Student {
  String name, vorname;
  int matrNr;
  double note;
  Student(BufferedReader reader) throws IOException {
    try {
      String line = reader.readLine();
      String[] fields = line.split(",");
      name = fields[0];
      vorname = fields[1];
      matrNr = Integer.parseInt(fields[2]);
      note = Double.parseDouble(fields[3]);
    }
```

5.2.4 Formatierte Text-Ein-/Ausgabe ...

Beispiel: Studentendatei ...

```
    catch (NullPointerException e) {
      throw new IOException("Unerwartetes Dateiende");
    }
    catch (NumberFormatException e) {
      throw new IOException("Falsches Elementformat");
    }
    catch (IndexOutOfBoundsException e) {
      throw new IOException("Zu wenig Datenelemente");
    }
  }
  public void writeToStream(PrintWriter pw) {
    pw.println(name + "," + vorname + "," + matrNr
                    + "," + note);
    pw.flush();
  }
```

5.2.4 Formatierte Text-Ein-/Ausgabe ...

Beispiel: Studentendatei ...

```
public static void main(String[] args) {
  PrintWriter pw = null;
  try {
    Student s = new Student("Hugo","Test",12345678);
    s.writeToStream(new PrintWriter(System.out));
    pw = new PrintWriter(new FileWriter("out.txt"));
    s.writeToStream(pw);
  }
  catch (FileNotFoundException e) { ... }
  catch (IOException e) { ... }
  finally {
    if (pw != null) pw.close(); // Keine IOException!
  }
  BufferedReader reader = null;
```

5.2.4 Formatierte Text-Ein-/Ausgabe ...

Beispiel: Studentendatei ...

```
    try {
      reader = new BufferedReader(new FileReader("out.txt"));
      Student s1 = new Student(reader);
      Student s3 = new Student(new BufferedReader(
                           new InputStreamReader(System.in)));
      System.out.println(s1);
      System.out.println(s3);
    }
    catch (FileNotFoundException e) { ... }
    catch (IOException e) { ... }
    finally {
      try { reader.close(); } catch (Exception e) { ... }
    }
  }
}
```

5.3 Das Java Collection Framework

Container-Klassen

- Dienen zur Speicherung und Verwaltung von Objekten
  - einfachstes Beispiel für einen *Container ist ein Array*
- Das Java Collection Framework stellt im Paket java.util eine Anzahl vordefinierter *Container -Klassen bereit*
  - Anwendungsklassen können diese Klassen benutzen oder von Ihnen erben
- Zwei grundlegende Arten von *Containern:*
  - ***Collection:*** reine Sammlung von Objekten (z.B. Studentenliste)
  - ***Map***: Abbildung zwischen Objekten (z.B. Telefonverzeichnis)
- Idee des Java Collection Frameworks: Definition gemeinsamer Schnittstellen (= **abstrakte Datenstrukturen**)
  - verschiedene Implementierungen, je nach Verwendungszweck

5.3 Das Java Collection Framework ...

5.3.1 *Collections (Sammlungen)*

- Prinzipiell gibt es zwei Arten von Sammlungen:
  - **Sequenz (Liste, *List*)**
    - legt eine bestimmte Reihenfolge ihrer Elemente fest
    - erlaubt, dass dasselbe Element auch mehrfach auftritt
  - **Menge (*Set*)**
    - ein Element kann nicht mehrfach vorkommen
    - es ist keine bestimmte Reihenfolge der Elemente definiert
- Bei Sequenzen und Mengen ist die Zahl der Elemente nicht im Voraus festgelegt und auch nicht begrenzt
  - d.h. sie können dynamisch (zur Laufzeit) wachsen
  - im Gegensatz zu Arrays, deren Größe bei der Erzeugung festgelegt werden muss

5.3.1 *Collections (Sammlungen) ...*

Basisoperationen der abstrakten Datenstruktur ”Sammlung“

- Einfügen eines Elements x in die Sammlung
  - bei Mengen: kein Mehrfacheintrag
  - bei Sequenzen: ggf. mit Angabe der Einfügestelle
- Löschen eines Elements x aus der Sammlung
- Abfrage, ob x Element der Sammlung ist
- Löschen aller Elemente der Sammlung
- Bestimmung der Anzahl der Elemente in der Sammlung
- Abfrage, ob die Sammlung leer ist
- Durchlaufen aller Elemente der Sammlung
  - bei Mengen: Reihenfolge ist unbestimmt

5.3.1 *Collections (Sammlungen) ...*

Ein Problem: welchen Typ haben die Elemente ...

- Einerseits wollen wir beliebige Elementtypen zulassen
- Andererseits müssen wir in der Schnittstelle z.B. bei der Deklaration der Einfügeoperation einen Typ für das Argument angeben
- Lösungsmöglichkeiten:
  - die Elemente haben den Datentyp Object (bis Java 1.4)
    - alle Klassen sind Unterklassen von Object
    - Nachteil: die Typsicherheit geht verloren
  - **Generische Datentypen** (ab Java 5)
    - die Schnittstellen-Deklaration erhält den Elementtyp als Parameter (**Typparameter**)
    - der Typ des Arguments z.B. beim Einfügen ist dann dieser Parameter

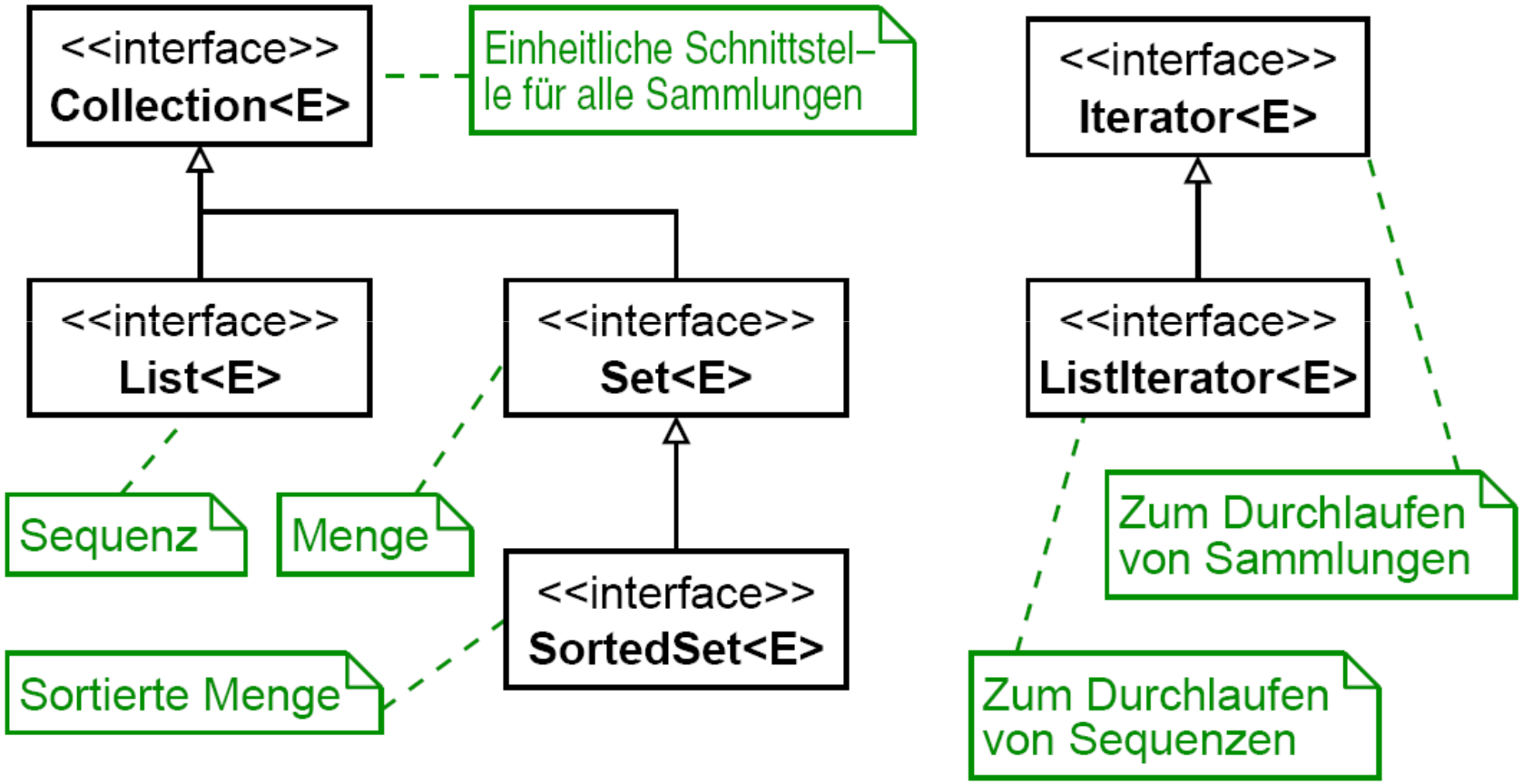
5.3.1 *Collections (Sammlungen) ...*

Einschub: Generische Datentypen (ab Java 5)

- Klassendeklarationen können mit formalen Parametern für Typen versehen werden
- diese können als Typname in Deklarationen innerhalb der Klasse verwendet werden
- z.B.:
```
public class GenClass<T> {
        T attribute;
        public void set(T val) { attribute = val; }
    }
```
- Bei Verwendung der Klasse muss dann ein konkreter Typ als aktueller Parameter angegeben werden
  - z.B.: `GenClass<String> gs = new GenClass<String>();`
- Analog auch für Schnittstellen

5.3.1 *Collections (Sammlungen) ...*

Schnittstellen für Sammlungen in Java



5.3.1 *Collections (Sammlungen) ...*

Basis-Operationen der Schnittstelle `Collection<E>`

- `boolean` add(E o): Einfügen von o
  - Fügt (Referenz auf) o (vom Typ E) der Sammlung hinzu
  - Ergebnis `true`, falls Sammlung verändert wurde
- `boolean remove(Object o)`: Entfernen von o
  - Entfernt eine Objektreferenz e, für die gilt:
  - `(o == null) ? (e == null) : o.equals(e)`
  - Ergebnis true, falls Sammlung verändert wurde
- `boolean contains(Object o)`: ist o enthalten?
- Liefert true, g.d.w. Sammlung eine Objektreferenz e enthält mit

  `(o == null) ? (e == null) : o.equals(e)`
- `void clear()`: Löschen aller Elemente

5.3.1 *Collections (Sammlungen) ...*

Basis-Operationen der Schnittstelle Collection<E> ...

- `int size()`: Zahl der Elemente
- `boolean isEmpty()`: ist die Sammlung leer?
- `Iterator<E> iterator()`: zum Durchlaufen der Sammlung
  - liefert ein **Iterator**-Objekt zurück

Operationen der Schnittstelle Iterator<E>

- `E next()`: gibt das nächste Element zurück
  - falls keines mehr existiert: `NoSuchElementException`
- `boolean hasNext()`: gibt es ein nächstes Element?
- `void remove()`: entferne das zuletzt von `next()` gelieferte Element aus der Sammlung

5.3.1 *Collections (Sammlungen) ...*

Beispiel Notizbuch-Verwaltung

- PDA‘s / Notizen verwalten über Treffen, Termine, Geburtstage
- Notizen speichern
- Anzahl der Notizen nicht begrenzt
- Einzelne Notizen anzeigen
- Anzahl der Notizen abfragen

Andere Anwendungen: Bibliotheken / Bücher, Zeitschriften, …

Universitäten / Studenten, …

5.3.1 *Collections (Sammlungen) ...*

Beispiel Notizbuch-Verwaltung

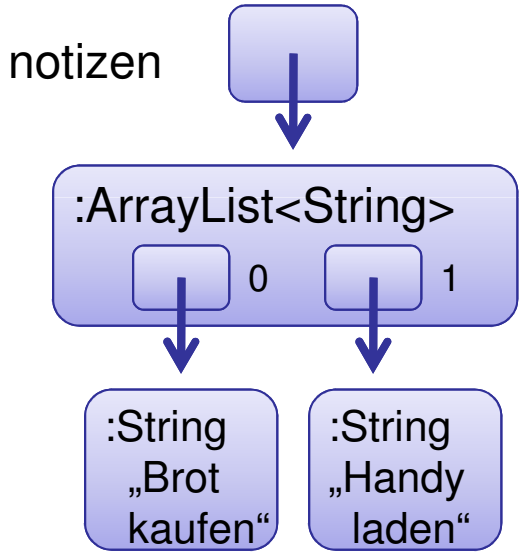
```
import java.util.ArrayList;  //Klasse ArrayList

public class Notizbuch {
   //Speicher für beliebige Notizen
     private ArrayList<String> notizen;

   //Initialisierung
     public Notizbuch() {
     notizen = new ArrayList<String>();  }

   //Speichere Notiz
     public void speichereNotiz(String notiz)
     { notizen.add(notiz);   }

   //Anzahl der Notizen
     public int anzahlNotizen()
     { return notizen.size();  }
… }
```



-> System.out.println(notizen.get(0));

5.3.1 *Collections (Sammlungen) ...*

Diskussion des Designs

- Design-Entscheidung: eine gemeinsame Schnittstelle für alle denkbaren Sammlungs-Klassen
  - neben Sequenz und Menge auch Keller, Warteschlange, ...
- Vorteil: einheitlicher Zugriff auf alle Sammlungen
  - gibt z.B. eine Methode eine `Collection` zurück, kann darauf unabhängig vom konkreten Sammlungs-Typ in einheitlicher Weise zugegriffen werden
- Problem: nicht alle Sammlungen haben eine Schnittstelle, wie sie in `Collection` definiert ist
  - daher: Operationen zum Ändern der `Collection` sind optional
    - sie werfen ggf. eine `UnsupportedOperationException`
    - Laufzeitfehler statt Fehler zur Übersetzungszeit!

Details zur Schnittstelle `Collection`

- Eine `Collection<E>` speichert Referenzen auf Objekte der Klasse E
  - damit können Objekte der Klasse E und aller Unterklassen von E verwaltet werden
  - in den Klassen muss ggf. die Methode `equals()` sinnvoll überschrieben werden
    - für Gleichheit statt Identität
- auch möglich: `Collection<Object>`
  - kann Objekte beliebiger Klassen aufnehmen
  - je nach Collection-Implementierung auch gleichzeitig in derselben `Collection`
  - entspricht der Realisierung in Java 1.4

5.3.1 *Collections (Sammlungen) ...*

Details zur Schnittstelle `Collection` ...

- Eine `Collection` speichert **Referenzen** auf Objekte
  - eingefügte Elemente können nachträglich geändert werden
  - Problem bei Mengen: dadurch können zwei Elemente der Menge gleich werden
    - dies ist nicht erlaubt!
    - das Verhalten der gesamten Menge ist dann undefiniert
  - bei sortierten Mengen ergibt sich ein weiteres Problem, wenn sich dadurch die Ordnung der Elemente ändert
- Eine `Collection` speichert Referenzen auf **Objekte**
  - können also z.B. keine Mengen von `double`-Werten erzeugt werden?
  - Lösung: Wrapper-Klassen für einfache Datentypen

Einschub: Wrapper-Klassen

- Java definiert für jeden einfachen Typ auch eine zugehörige Klasse
- Ein Objekt dieser Klasse enthält genau einen Wert des zugehörigen Typs
- Beispiel: Klasse `Integer`
  - Konstruktor: `Integer(int value)`
  - Methode `int intValue()` liefert den Wert zurück
  - daneben etliche weitere Methoden zur Umwandlung von/nach `Strings` und in andere Datentypen
- Genau wie Strings sind die Wrapper-Klassen "*immutable*"
  - d.h. einmal erzeugte Objekte können nicht verändert werden

5.3.1 *Collections (Sammlungen) ...*

Beispiel: `Collection`**-Aufbau** (☞ WWW: `CollectionTest.java`)

```
public static void setupCollection(Collection<Integer> c) {
  int i;
  for (i=0; i<5; i++)  c.add(new Integer(i)); // Einfügen
  for (i=9; i>=5; i--) c.add(new Integer(i));
  // Doppeltes Einfügen bleibt evtl. ohne Wirkung
  c.add(new Integer(3));
  c.add(new Integer(7));
  // funktioniert, da Integer equals() überschreibt
  if (c.contains(new Integer(5))) c.remove(new Integer(5));
  // ist erlaubt, wirft aber ggf. ClassCastException
  if (c.contains("Hallo")) System.out.println("OK");
  System.out.println("Größe: " + c.size() + " Elemente");
}
```

5.3.1 *Collections (Sammlungen) ...*

Ergebnisse im Beispiel:

- Mit (unsortierter) Menge (`HashSet`):
  - | 2 | 4 | 8 | 9 | 6 | 1 | 3 | 7 | 0 |
  - Elemente in beliebiger Reihenfolge, keine doppelten
- Mit sortierter Menge (`TreeSet`):
  - | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 9 |
  - Suchen nach `"Hallo"` führt zu Exception
  - Elemente in „natürlicher“ Reihenfolge
- Mit Sequenz (`ArrayList`, `LinkedList`):
  - | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 9 | 8 | 7 | 6 | 3 | 7 |
  - Elemente in Einfüge-Reihenfolge (`add()` fügt hinten an)

5.3.1 *Collections (Sammlungen) ...*

Verwendung von Iteratoren

- Typischer Code zum Durchlaufen einer `Collection`:

```
static void printCollection(Collection<Integer> c) {
  Iterator<Integer> i = c.iterator(); // Iterator holen
  while (i.hasNext()) {       // Solange noch Elemente da
    Integer val = i.next();   // nächstes Element holen
    System.out.println(val);
  }
}
```

  - siehe WWW: `CollectionTest.java`
- Die Modifikation der `Collection` während des Durchlaufens ist nur mit der `remove()`-Operation des verwendeten Iterators erlaubt
  - sonst ist der Inhalt / das Verhalten der `Collection` undefiniert

5.3.1 *Collections (Sammlungen) ...*

Beispiel zum Löschen von `Collection`-Elementen

- Liste von Veranstaltungen: lösche beendete Veranstaltungen

```
class Veranstaltungen {
  LinkedList<Veranstaltung> list;
  ...;
  public void löscheBeendete() {
    Iterator<Veranstaltung> i = list.iterator();
    while (i.hasNext()) {
      Veranstaltung va = i.next();
      if (va.istBeendet()) {
        i.remove(); // remove() entfernt das Element,
      }             // das beim letzten Aufruf von
    }               // next() zurückgeliefert wurde
  }
}
```

5.3.1 *Collections (Sammlungen) ...*

(Zusätzliche) Operationen der Schnittstelle `List<E>`

- `void add(int index, E o)`

  `boolean addAll(int index, Collection<E> c)`
  - fügt Element(e) vor der angegebenen Position (= Index) ein
- `E get(int index)`
  - gibt das Element an der angegebenen Position zurück
- `int indexOf(Object o)`

  `int lastIndexOf(Object o)`
- gibt die Position des ersten bzw. letzten Vorkommens des Elements o zurück
- `E remove(int index)`: löscht Element an Position `index`
- `E set(int index, E o)`: ersetzt Element bei `index`

5.3.1 *Collections (Sammlungen) ...*

(Zusätzliche) Operationen der Schnittstelle List<E> ...

- `ListIterator<E> listIterator()`

  `ListIterator<E> listIterator(int index)`
  - gibt einen `ListIterator` zurück (der bei Pos. index startet)

Die Schnittstelle `ListIterator<E>` für Listen

- Ist von der Schnittstelle `Iterator<E>` abgeleitet
- Bietet zusätzlich die Möglichkeit
  - die Liste in beide Richtungen zu durchlaufen
    - `boolean hasPrevious(), E previous()`
  - auf den Index des nächsten / vorigen Elements zuzugreifen
    - `int nextIndex(), int previousIndex()`
  - das aktuelle Element zu verändern: `void set(E o)`
  - ein neues Element einzufügen: `void add(E o)`

5.3.1 *Collections (Sammlungen) ...*

Beispiel zu `ListIterator` (☞ WWW: `IteratorTest.java`)

```
import java.util.*;
class MyList<E> extends ArrayList<E> {
  void replace (E old, E newValue) {
    // Durchlaufe Liste vorwärts
    ListIterator<E> it = listIterator();
    while (it.hasNext())
      if (old.equals(it.next()))
        it.set(newValue);
  }
}
public class IteratorTest {
  public static void main(String[] args) {
    MyList<String> l1 = new MyList<String>()
    l1.add("Albert"); l1.add("Bodo"); l1.add("Caesar");
```

5.3.1 *Collections (Sammlungen) ...*

```
        l1.add("Caesar"); l1.add("Dora"); l1.add("Emil");
        l1.add("Fritz"); l1.add("Gerda"); l1.add("Hans");
        // Durchlaufe Liste rückwärts
        ListIterator<String> it = l1.listIterator(l1.size());
        while (it.hasPrevious()) {
          System.out.print(it.previous() +
                           (it.hasPrevious() ? "," : "\n"));
        }
        System.out.println("Vor replace: " + l1);
        l1.replace("Caesar", "Clara");
        System.out.println("Nach replace: " + l1);
        int i = l1.indexOf("Gerda");       // Element-Index
        if (i >= 0) l1.set(i, "Gertrud"); // Element ersetzen
        System.out.println("Nach set: " + l1);
    }
}
```

Beispiel zu `ListIterator ...`

- Ausgabe:

```
Hans,Gerda,Fritz,Emil,Dora,Caesar,Caesar,Bodo,Albert
Vor replace: [Albert, Bodo, Caesar, Caesar, Dora, Emil
, Fritz, Gerda, Hans]
Nach replace: [Albert, Bodo, Clara, Clara, Dora, Emil,
Fritz, Gerda, Hans]
Nach set: [Albert, Bodo, Clara, Clara, Dora, Emil, Fri
tz, Gertrud, Hans]
```

5.3.1 *Collections (Sammlungen) ...*

(Zusätzliche) Operationen der Schnittstelle `Set<E>`

- Keine! Die Schnittstelle sichert lediglich die Eindeutigkeit der Elemente einer `Collection` zu

(Zusätzliche) Operationen der Schnittstelle `SortedSet<E>`

- `E first();` kleinstes Element der Menge
- `E last();` größtes Element der Menge

5.3.1 *Collections (Sammlungen) ...*

Nach welchem Kriterium ist ein `SortedSet` sortiert?

- Erste Möglichkeit: “natürliche Ordnung“
- Alle Elemente müssen Schnittstelle Comparable implementieren:

```
public interface Comparable<T> {
  public int compareTo(T o);
}
```

  - `compareTo()` legt eine Ordnung auf Objekten fest
  - die Methode liefert als Ergebnis
    - < 0, falls this ”kleiner als“ o
    - = 0, falls this ”gleich“ o
    - > 0, falls this ”größer als“ o
  - sie kann eine `ClassCastException` werfen, falls der Typ von o keinen Vergleich zuläßt
- `String` und alle Wrapper-Klassen implementieren `Comparable`

5.3.1 *Collections (Sammlungen) ...*

Nach welchem Kriterium ist ein `SortedSet` sortiert? ...

- Zweite Möglichkeit: eigens definierte Ordnung
- Dem Konstruktor der Menge wird ein `Comparator` übergeben:

```
public interface Comparator<T> {
  public int compare(T o1, T o2);
}
```

  - `compare()` legt die Ordnung auf den Objekten fest
  - die Methode liefert als Ergebnis
    - < 0, falls o1 ”kleiner als“ o2
    - = 0, falls o1 ”gleich“ o2
    - > 0, falls o1 ”größer als“ o2
- sie kann eine ClassCastException werfen, falls der Typ von o1 und o2 keinen Vergleich zulässt

5.3.1 *Collections (Sammlungen) ...*

Beispiel zu sortierten Mengen (=> WWW: `SortedSetTest.java`)

```
class Student implements Comparable<Student> {
  ...
  // Vergleiche nach Name, Vorname, Matrikelnummer
  public int compareTo(Student other) {
    int cmp = name.compareTo(other.name);
    if (cmp != 0) return cmp;
    cmp = vorname.compareTo(other.vorname);
    if (cmp != 0) return cmp;
    return (matrNr - other.matrNr);
  }
  public boolean equals(Object obj) {
    // Rückführung auf compareTo() sichert Konsistenz!
    return (compareTo((Student)obj) == 0);
  }
```

5.3.1 *Collections (Sammlungen) ...*

Beispiel zu sortierten Mengen ...

```
class MatrNrComparator implements Comparator<Student> {
   // Vergleiche nach Matrikelnummer
   public int compare(Student s1, Student s2) {
     return (s1.matrNr - s2.matrNr);
   }
}
...
   // Sortierte Menge mit Standard–Sortierung
   TreeSet<Student> students1 = new TreeSet<Student>();
   // Sortierte Menge mit vorgegebener Sortierung
   TreeSet<Student> students2 =
     new TreeSet<Student>(new MatrNrComparator());
```

5.3.2 Implementierung von Sammlungen

- Im Java Collection Framework sind Sammlungen auf vier verschiedene Arten realisiert:
  - mit Hilfe von Arrays (`ArrayList`, `Vector`),
  - als **verkettete Listen** (`LinkedList`),
  - mit Hilfe **sortierter Bäume** (`TreeSet`),
  - und mit Hilfe von ***Hashing*** (`HashSet`).

- Für Mengen kleiner, nicht-negativer ganzer Zahlen gibt es daneben eine spezielle Bit-Vektor-Implementierung (`BitSet`)
- `BitSet` implementiert die Schnittstelle `Collection` nicht!

5.3.2 Implementierung von Sammlungen ...

Implementierte Schnittstellen

	Schnittstelle			
Klasse	Collection	List	Set	SortedSet
ArrayList	X	X		
Vector	X	X		
LinkedList	X	X		
TreeSet	X		X	X
HashSet	X		X	
BitSet				

5.3.2 Implementierung von Sammlungen ...

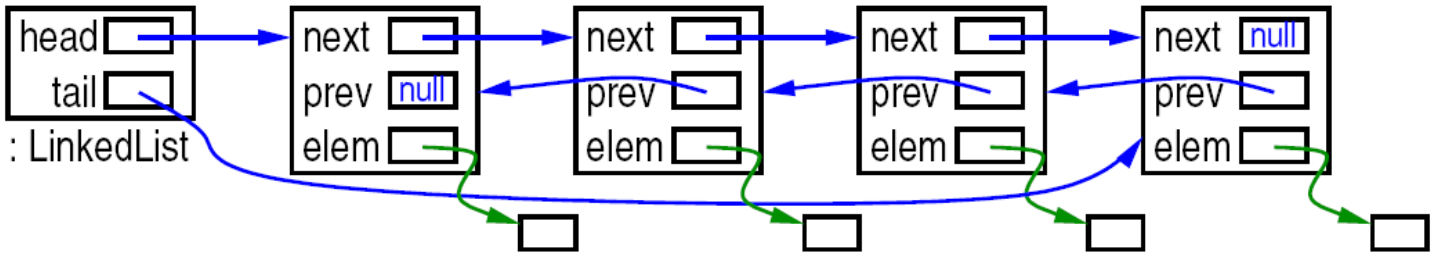
Die Klasse `ArrayList` (bzw. `Vector`)

- Realisiert die Sequenz durch ein Array von Objekt-Referenzen
  - das Array ist immer groß genug, um alle Elemente zu halten
  - seine Größe (*capacity)* wird bei `add`() usw. automatisch angepasst, falls erforderlich
    - Kopie des Arrays in ein größeres Array
    - neues Array i.a. größer als nötig, um häufiges Kopieren zu vermeiden
- Konstruktoren:
  - `ArrayList(int initialCapacity)`:
    - erzeugt Sequenz mit gegebener initialer Kapazität
  - `ArrayList`(): initiale Kapazität ist 10

5.3.2 Implementierung von Sammlungen ...

Die Klasse `LinkedList`

- Realisierung als (doppelt) verkettete Liste (=> EI_I, **11.3):**



  - jedes Element ”kennt“ Vorgänger und Nachfolger
- Konstruktor: `LinkedList()`
- Zusätzliche Operationen der Klasse:
  - `addFirst()`, `addLast()`: fügt vorne / hinten an
  - `getFirst()`, `getLast()`: liefert erstes / letztes Element
  - `removeFirst()`, `removeLast()`: entfernt erstes / letztes Element

5.3.2 Implementierung von Sammlungen ...

Die Klasse `LinkedList` ...

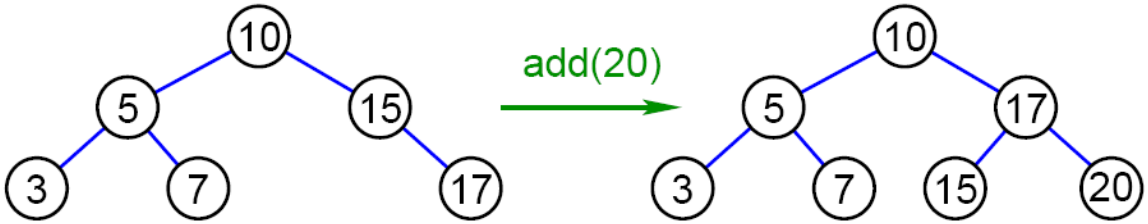
- Mit den zusätzlichen Operationen sind Datenstrukturen wie *Stack* (=> EI I, **11.4**) oder Queue (=> EI I, **11.5**) realisierbar
- Beispiel: Auftrags-Warteschlange

```
class Auftragsbearbeitung {
  private LinkedList<Auftrag> auftragsListe =
   new LinkedList<Auftrag>();
  public void auftragAnnehmen(Auftrag a) {
   auftragsListe.addLast(a);
  }
  public void naechstenAuftragBearbeiten() {
   Auftrag a = auftragsListe.removeFirst();
   // ... bearbeite Auftrag
  }
}
```

5.3.2 Implementierung von Sammlungen ...

Die Klasse `TreeSet`

- Realisierung als (balancierter) binärer Suchbaum (=> EI_I, **12.4)**



  - jeder Knoten verweist auf (maximal) zwei Unterbäume
  - Elemente im rechten (linken) Unterbaum alle größer (kleiner) als aktueller Knoten
- Balancierung verhindert ”Entartung“ des Baums zur Liste
  - Aufwand für Operationen ist proportional zur Baumhöhe
  - Balancierung garantiert, daß Höhe nur logarithmisch wächst

5.3.2 Implementierung von Sammlungen ...

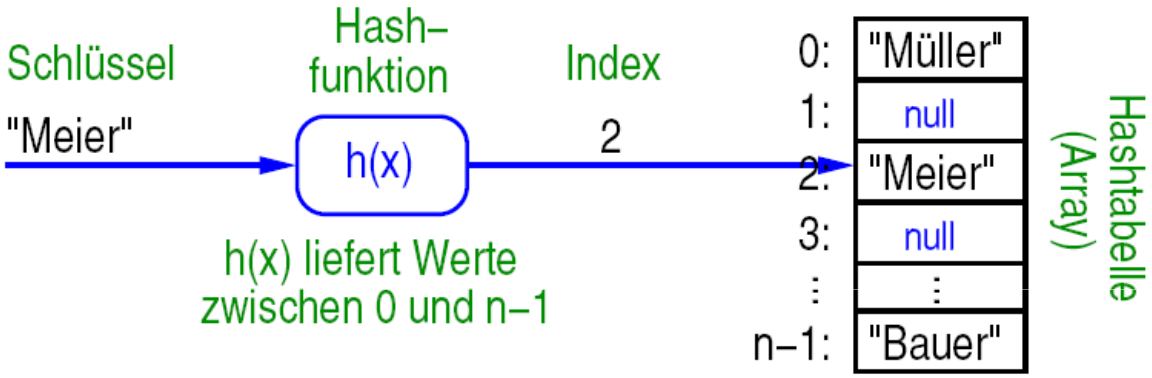
Die Klasse `TreeSet` ...

- Konstruktoren:
  - `TreeSet()`
    - Menge nach ”natürlicher“ Ordnung der Elemente geordnet
      - d.h. Methode `compareTo()` der Elemente
  - `TreeSet(Comparator<E> c)`
    - Ordnung in der Menge wird durch `compare()`-Methode von `c` festgelegt

5.3.2 Implementierung von Sammlungen ...

Die Klasse `HashSet`

- Realisierung durch Hashtabelle (=> EI_I, **14.5)**



- Idee des *Hashing:*
  - wähle Hashfunktion, z.B. h(x) = x mod n, n prim
  - speichere Element e an Platz h(e) der Hashtabelle
- Problem, falls Platz bereits mit anderem Element belegt ist
  - verschiedene Verfahren zur Kollisionsbehandlung
  - Hashtabelle i.a. wesentlich größer als Zahl der Elemente

5.3.2 Implementierung von Sammlungen ...

Die Klasse `HashSet` ...

- Vorteile des *Hashing:*
  - schnelles Einfügen, Löschen und Suchen
- Nachteil: Speicherverbrauch
- Konstruktoren:
  - `HashSet(int initialCapacity, float loadFactor)`
    - initiale Größe der Hashtabelle wird spezifiziert
    - wenn der Füllfaktor größer als `loadFactor` wird, wird eine größere Tabelle angelegt
  - `HashSet(int initialCapacity)`
    - benutzt Standardwert für loadFactor: 0.75
  - `HashSet()`: Größe der Hashtabelle ist initial 16

5.3.2 Implementierung von Sammlungen …

Einschub: Die Methode `hashCode()` in Object

- Die Klasse `Object` definiert eine Methode, um das *Hashing* zu unterstützen: public int `hashCode()`
  - d.h., Hashwert eines Objekts `o` ist h(`o.hashCode()`)
  - Hashfunktion h(x) nur noch für ganze Zahlen notwendig
- Die Standard-Implementierung aus `Object` gibt die Adresse des Objekts als ganze Zahl zurück
- Klassen können diese Methode geeignet überschreiben
  - immer dann, wenn auch `equals()` überschrieben wird
- `hashCode()` muß konsistent mit `equals()` sein, d.h.:
  - `o1.equals(o2)` ⇒ `o1.hashCode() == o2.hashCode()`
  - aber nicht notwendigerweise umgekehrt

5.3.2 Implementierung von Sammlungen ...

Vergleich

	Ausführungszeit				Durchlauf-
Klasse	`add()`	`remove()`	`get()`	`contains()`	reihenfolge
`ArrayList`	$\mathcal{O}(1)$	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(1)$	$\mathcal{O}(n)$	Einfügung
`LinkedList`	$\mathcal{O}(1)$ *)	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(n)$	Einfügung
`TreeSet`	$\mathcal{O}(\log n)$	$\mathcal{O}(\log n)$	—	$\mathcal{O}(\log n)$	Ordnung
`HashSet`	$\mathcal{O}(1)$	$\mathcal{O}(1)$	—	$\mathcal{O}(1)$	unspezif.

*) schneller als `ArrayList`

- $\mathcal{O}(1)$: konstante Ausführungszeit, unabhängig von der Größe
- $\mathcal{O}(\log n)$: Zeit wächst logarithmisch mit d. Anzahl der Elemente
- $\mathcal{O}(n)$: Zeit wächst linear mit der Anzahl der Elemente

5.3.2 Implementierung von Sammlungen ...

Wann welche Implementierung?

- Sequenzen:
  - wenn mehrfache Einträge erlaubt sein sollen und / oder wenn es auf die Einfügereihenfolge ankommt
  - `LinkedList`: Einfügen und Löschen schneller, wahlfreier Zugriff langsamer als bei `ArrayList`
  - `ArrayList` bei kleineren Sequenzen; wenn häufig wahlfrei zugegriffen wird; bei überwiegend lesendem Zugriff
- Mengen:
  - wenn keine doppelten Einträge vorkommen sollen
  - `HashSet`: Operationen performanter als `TreeSet`; benötigt ggf. mehr Speicher; Durchlaufen i.d.R. ineffizienter als bei `TreeSet`, ohne feste Reihenfolge

5.3.3 *Maps* (Abbildungen)

- *Maps* dienen dazu, Schlüssel auf Werte abzubilden
  - Schlüssel und Werte können dabei beliebige Objekte sein
- Beispiel: Email-Verzeichnis

Schlüssel		Wert
"Meier"	→	"hans.meier@uni-siegen.de"
"Müller"	→	"mueller123@gmx.de"
"Huber"	→	"u94302@aol.com"

- Eine Map realisiert einen **assoziativen Speicher**
- der Zugriff auf den Speicher erfolgt nicht über eine Adresse (z.B. Index, Referenz) sondern über ein inhaltliches Kriterium (Schlüssel)

5.3.3 *Maps (Abbildungen) ...*

Eigenschaften von Abbildungen

- Für einen Schlüssel gibt es entweder gar keinen oder genau einen Wert in der *Map*
  - falls ein (Schlüssel, Wert)-Paar eingefügt wird, dessen Schlüssel schon in der *Map existiert:*
    - es wird kein neuer Eintrag angelegt, sondern der vorhandene Eintrag geändert
    - dem Schlüssel wird somit ein neuer Wert zugeordnet
- Wird ein Schlüssel gelöscht, so auch der zugehörige Wert
- Eine *Map* kann als Menge von Paaren (Schlüssel, Wert) betrachtet werden, wobei jeder Schlüssel nur einmal vorkommen darf

5.3.3 *Maps (Abbildungen) ...*

Die Schnittstelle `Map<K,V>`

- Gemeinsame Basisschnittstelle für alle Abbildungen
  - Motivation analog zu `Collection`
- Operationen der Schnittstelle `Map<K,V>`:
  - `clear(), size(), isEmpty()`: analog zu `Collection`
  - `V put(K key, V value)`
    - trägt (`key`, `value`) in die Abbildung ein
    - Ergebnis: alter Wert, der key zugeordnet war (bzw. `null`)
- `V get(Object key)`: Wert, der key zugeordnet ist
- `V remove(Object key)`: löscht Abbildung für `key`
- `boolean containsKey(Object key)`: Schlüssel enthalten?
- `boolean containsValue(Object value)`: Wert enthalten?

5.3.3 *Maps (Abbildungen) ...*

Sichten auf `Maps`

- Eine `Map` stellt drei **Sichten** zur Verfügung, die einen Zugriff auf den Inhalt über die `Collection`-Schnittstelle erlauben:
  - `Set<K> keySet()`: Menge der Schlüssel
  - `Collection<V> values()`: Sammlung der Werte
    - keine Menge, da Werte mehrfach vorkommen können
  - `Set<Map.Entry<K,V>> entrySet()`: Menge der (Schlüssel, Wert)-Paare
    - die Elemente der Menge sind vom Typ Map.Entry
      - `Map.Entry<K,V>` ist innere Schnittstelle von `Map<K,V>`:

```
interface Map<K,V> {
  interface Entry<K,V> { ... }
```

    - Zugriff auf Schlüssel und Wert über die Operationen `getKey()` und `getValue()`

5.3.3 *Maps (Abbildungen) ...*

Sichten auf `Maps` ...

- Die Sichten sind keine eigenen Objekte, sondern nur andere Sichtweisen der `Map`
  - d.h. Veränderungen der `Map` wirken sich auf die Sichten aus und umgekehrt
- Ein Einfügen in die Sichten ist aber **nicht** möglich
  - Operationen führen zu `UnsupportedOperationException`
- Anwendung der Sichten:
  - Durchlaufen der Schlüssel, Werte bzw. (Schlüssel, Wert)- Paare
    - `Map` selbst unterstützt keine Iteratoren
  - Suchen und ggf. Löschen von Einträgen

5.3.3 *Maps (Abbildungen) ...*

Implementierungen der Schnittstelle Map

- Java bietet (i.W.) zwei verschiedene Implementierungen von Abbildungen:
  - `TreeMap`: Verwaltung der Schlüsselmenge durch binären Suchbaum
    - Konstruktoren:
      - `TreeMap()`
      - `TreeMap(Comparator<K> c)`
  - `HashMap`: Verwaltung der Schlüsselmenge durch *Hashing*
    - Konstruktoren:
      - `HashMap(int initialCapacity, float loadFactor)`
      - `HashMap(int initialCapacity)`
      - `HashMap()`

5.3.3 *Maps (Abbildungen) ...*

Beispiel: Email-Verzeichnis (☞ WWW: `AddressBook.java`)

```
import java.util.*;
import java.io.*;
public class AddressBook implements Serializable {
  private Map<String,Data> addresses;
  private class Data implements Serializable {
    public String fullName;
    public String emailAddress;
    public Data(String name, String email) {
      fullName = name; emailAddress = email;
    }
  }
  public class DoubleEntryException extends Exception {...}
  public class EntryNotFoundException extends Exception {...
```

5.3.3 *Maps (Abbildungen) ...*

```
public AddressBook() {
  addresses = new HashMap<String,Data>(100);
}
public void enter(String alias, String name, String email)
                                  throws DoubleEntryException {
  if (addresses.containsKey(alias))
    throw new DoubleEntryException(...);
  addresses.put(alias, new Data(name, email));
}
public String getEmail(String alias)
                               throws EntryNotFoundException {
  Data val = addresses.get(alias);
  if (val == null)
    throw new EntryNotFoundException(...);
  return val.emailAddress;
}
```

5.3.3 *Maps (Abbildungen) ...*

```
public Collection<String> findByName(String name) {
  Collection<String> result = new TreeSet<String>();
  Collection<Data> values = addresses.values();
  Iterator<Data> i = values.iterator();
  while (i.hasNext()) {
    Data val = i.next();
    if (val.fullName.indexOf(name) != -1)
      result.add(val.fullName +
                 " <" + val.emailAddress + ">");
  }
  return result;
}
```

5.3.3 *Maps (Abbildungen) ...*

```
public void deleteByName(String name) {
  Collection<Data> values = addresses.values();
  Iterator<Data> i = values.iterator();
  while (i.hasNext()) {
    Data val = i.next();
    if (val.fullName.indexOf(name) != -1)
      i.remove();
  }
}
```

5.3.3 *Maps (Abbildungen) ...*

```
public String toString() {
  String result = "";
  Set<Map.Entry<String,Data>> entries =
    addresses.entrySet();
  Iterator<Map.Entry<String,Data>> i =
    entries.iterator();
  while (i.hasNext()) {
    Map.Entry<String,Data> entry = i.next();
    Data val = entry.getValue();
    result += entry.getKey() + ": " + val.fullName
              + " <" + val.emailAddress + ">\n"
  }
  return result;
}
```

5.3.3 *Maps (Abbildungen) ...*

```
public static void main(String[] args) {
  AddressBook emails = new AddressBook();
  BufferedReader in = new BufferedReader(
                      new InputStreamReader(System.in));
  BitSet withArgs = new BitSet();
  int cmd = 'q';
  String line;
  String[] fields;
  ObjectInputStream ois = null;
  try {
    ois = new ObjectInputStream(
                new FileInputStream("adds.ser"));
    emails = (AddressBook) ois.readObject();
  }
```

5.3.3 *Maps (Abbildungen) ...*

```
catch (Exception e) {
  System.out.println("Kann 'adds.ser' nicht lesen");
}
finally { try { ois.close(); } catch (Exception e) {} }

withArgs.set('a'); withArgs.set('e')
withArgs.set('f'); withArgs.set('d')

do {
  try {
    cmd = in.read();
    if (withArgs.get(cmd) && (in.read() != ' ')) {
      System.out.println("Erwarte ' ' nach Kommando!");
      in.readLine();
      continue;
    }
    line = in.readLine();
```

5.3.3 *Maps (Abbildungen) ...*

```
switch (cmd) {
  case 'a':
    fields = line.split(",");
    emails.enter(fields[0], fields[1], fields[2]);
    break;
  case 'e':
    System.out.println(emails.getEmail(line));
    break;
  case 'f':
    Collection<String> res = emails.findByName(line);
    Iterator<String> i = res.iterator();
    while(i.hasNext())
      System.out.println(i.next());
    break;
  case 'd':
    emails.deleteByName(line);
    break;
```

5.3.3 *Maps (Abbildungen) ...*

```
case 'p':
  System.out.print(emails);
  break;
case 's':
  ObjectOutputStream oos = null;
  try {
    oos = new ObjectOutputStream(
              new FileOutputStream("adds.ser"));
    oos.writeObject(emails);
  }
  finally { if (oos != null) oos.close(); }
  break;
case 'q':
  break;
default:
  System.out.println("Falsches Kommando");
  break;
```

5.3.3 *Maps (Abbildungen) ...*

```
            }
          }
          catch (...) { // Fehlerbehandlungen für
            ...         // aktuelles Kommando
          }
        } while (cmd != 'q');
      }
    }
```

5.4 GUI-Programmierung

- GUI: Graphical User Interface / Graphische Bedienoberfläche
  - Bisher: Anwendungen mit textbasierter Schnittstelle
  - graphische Schnittstelle eines Programms zum Benutzer

- Wichtig: Software-Ergonomie (in OFP nicht vertieft!)
  - Software soll an Bedürfnisse des Benutzers angepasst sein
  - Dazu: Menschen- und aufgabengerechte Gestaltung der
    - Aufgabenverteilung zw. Mensch und Computer (**Arbeitsstrukturierung**)
    - Funktion / Leistung der Anwendungsprogramme (**Software-Gestaltung**)
    - Bedienungsschritte und -abläufe (**Dialoggestaltung**)
    - E/A-Geräte, einschl. der dargestellten Information (**E/A-Gestaltung**)

5.4 GUI-Programmierung …

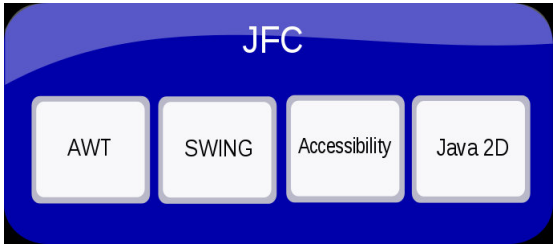
Literaturnachtrag

- [Ba99], Kap. 4.1 - 4.6

- Middendorf, Singer, Heid: Java Programmierhandbuch und Referenz, 3. Auflage, dpunkt.verlag, 2003.
  Kap. 8 (Oberflächenprogrammierung) und
  Kap. 9 (Ereignisbehandlung)
  - online verfügbar, siehe WWW-Seite:
    http://www.dpunkt.de/java/

Vorbemerkung: Java-Klassen für GUIs

- Die Java-Klassenbibliothek enthält zwei Pakete, die Klassen für GUIs bereitstellen:

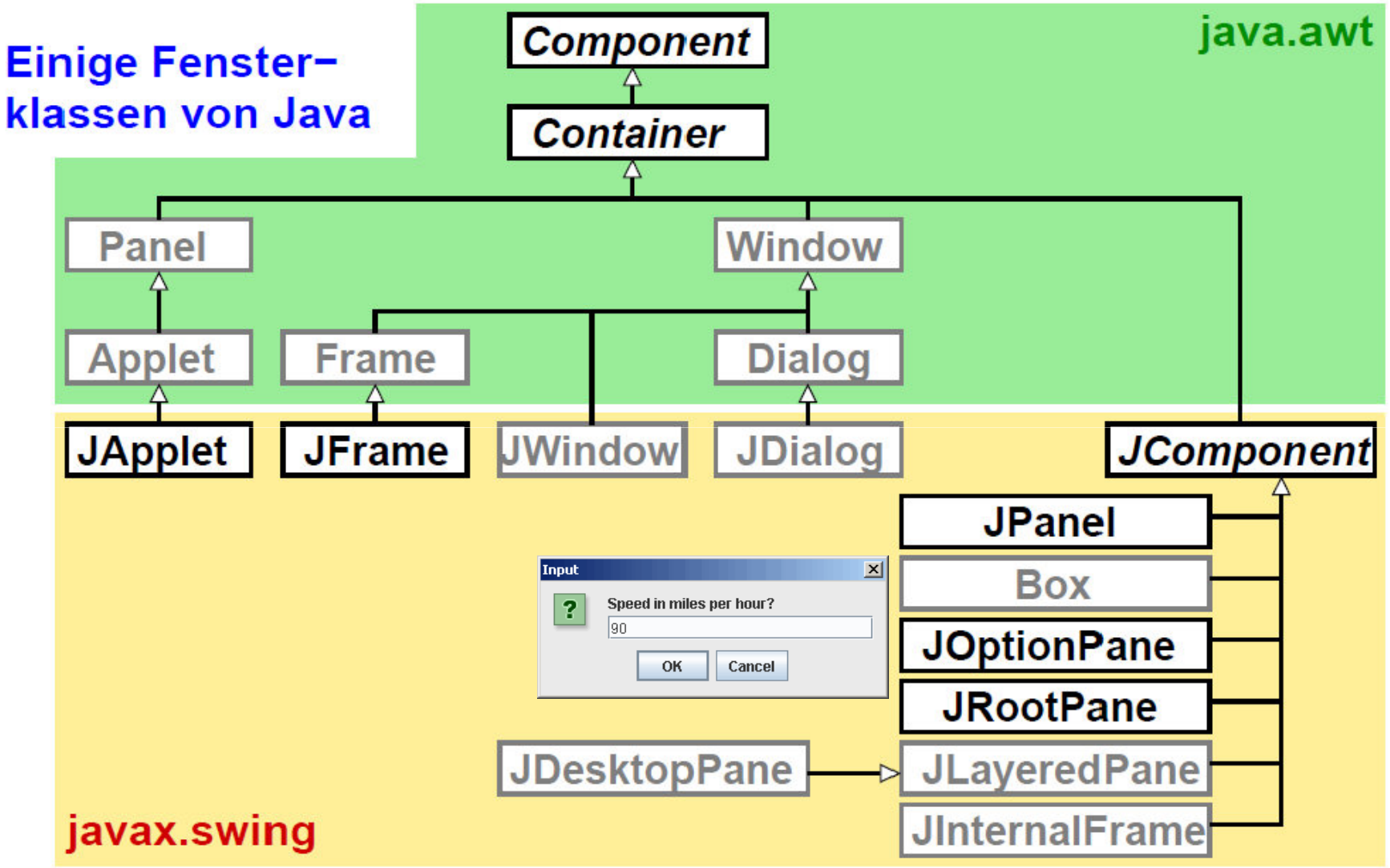


  - **AWT** (*Abstract Window Toolkit*, `java.awt`)
    - ursprüngliche Realisierung der Java GUI-Elemente / gehört zu Java Foundation Classes (JFC) als Sammlung von Programmierschnittstellen
    - Klassen greifen auf die GUI-Elemente des jeweiligen Betriebssystems (z.B. Windows) zurück
    - definiert zusätzlich, wie GUI-Elemente mit dem Java- Programm interagieren (Ereignismodell)
  - **Swing** (`javax.swing`): Nachfolger von AWT (ab 1997)
    - die GUI-Elemente sind Betriebssystem-unabhängig in Java realisiert
    - Swing-Klassen setzen auf AWT auf
- Im Folgenden: Vorstellung einiger GUI-Elemente von Swing

5.4.1 Fenster

- Zur Realisierung von Dialogen: Interaktion zwischen Benutzer und System
  - Anwendungsfenster, ggf. mit Unterfenstern, für Primärdialog
    - dient der direkten Aufgabenerfüllung
    - wird erst geschlossen, wenn die Aufgabe (d.h. meist: das Programm) beendet wird
  - Dialogfenster / Mitteilungsfenster für Sekundärdialog
    - optional und kurzzeitig, wenn situationsabhängig weitere Information vom Benutzer benötigt wird
    - modaler Dialog muß beendet sein, bevor mit der Anwendung weitergearbeitet werden kann
    - nicht-modaler Dialog kann unterbrochen werden, um andere Aktionen durchzuführen

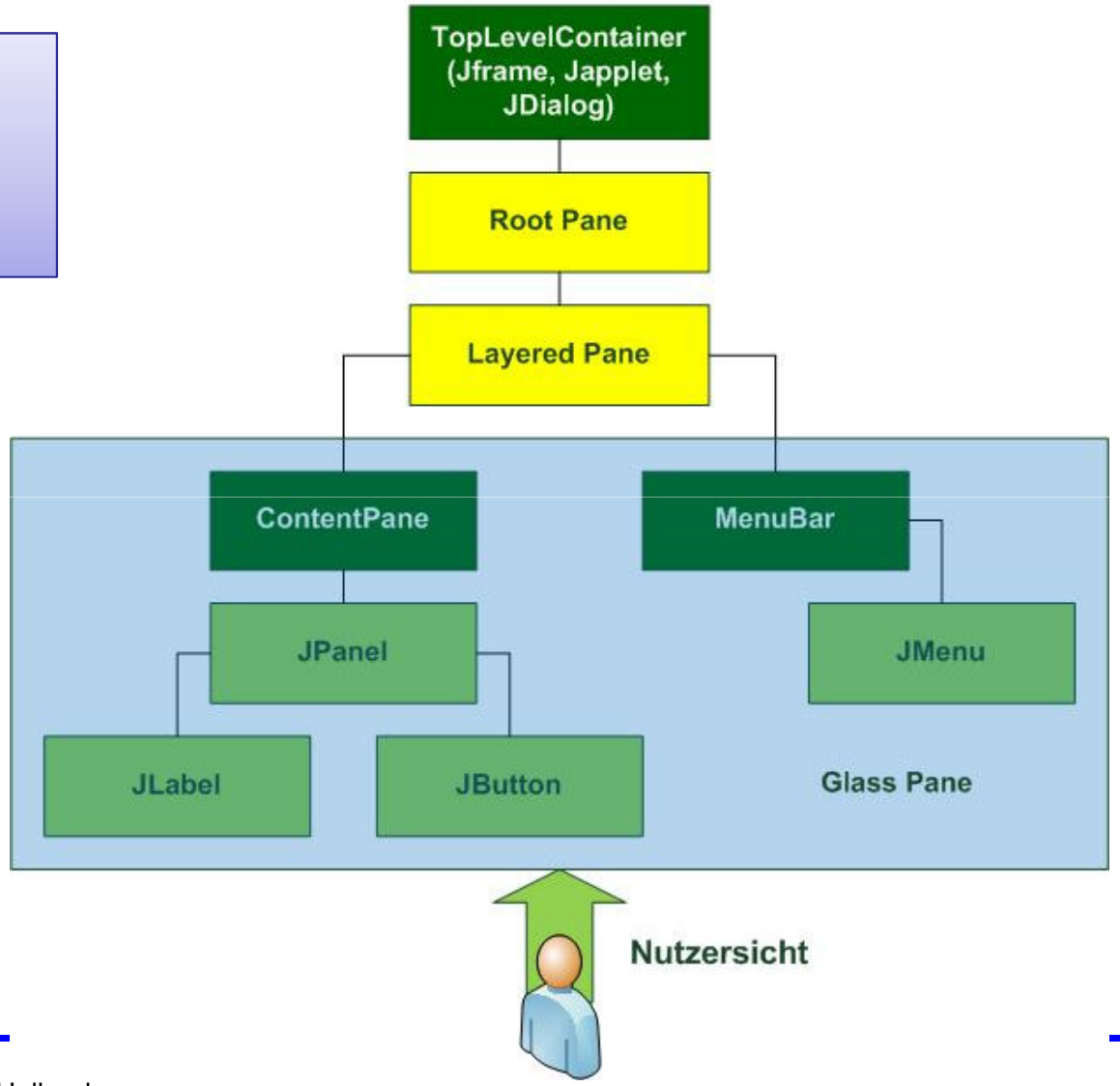
5.4.1 Fenster ...


Einige Fenster-klassen von Java
java.awt
Component
Container
Panel
Window
Applet
Frame
Dialog
JApplet
JFrame
JWindow
JDialog
JComponent
JPanel
Box
JOptionPane
JRootPane
JLayeredPane
JInternalFrame
JDesktopPane
Input
Speed in miles per hour?
90
OK
Cancel
javax.swing

5.4.1 Fenster ...

Top
Level
Container

Hierarchie eines Top-Level Containers in Java Swing



5.4.1 Fenster ...

Einige Fensterklassen in Java ...

- `Component`: Basisklasse für alle darstellbaren GUI-Komponenten
  - vererbt u.a. folgende Methoden an alle anderen Klassen:
    - `void setSize(int w, int h)`: legt die Größe fest
    - `void setBounds(int x, int y, int w, int h)`: legt Position und Größe fest
    - `void setForeground(Color c)`: Vordergrundfarbe
    - `void setBackground(Color c)`: Hintergrundfarbe
    - `void paint(Graphics gc)`: zeichnet Komponente

5.4.1 Fenster ...

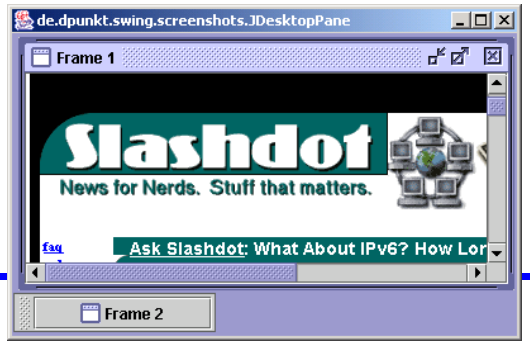
Einige Fensterklassen in Java ...

- `Container`: Basisklasse für Komponenten, die andere Komponenten aufnehmen, zusammenfassen und/oder gruppieren
  - wichtigste Methode: `Component add(Component c)`
    - fügt eine Komponente in den Container ein
- `Applet / JApplet`: zur Realisierung von Applets (siehe später) (Webseiten, HTML)
  - Java-Programme, die im WWW-Browser ausgeführt werden
- `Frame / JFrame`: Anwendungsfenster mit Rahmen und ggf. Menü

5.4.1 Fenster ...

Einige Fensterklassen in Java ...

- `Dialog / JDialog`: Dialogfenster
  (Fenster mit Titelzeile, aber ohne Menüleiste)
- `JOptionPane`: zur Erzeugung von Dialogfenstern
- `JPanel / Box`: für Gruppierung / Layout von GUI-Elementen
- `JRootPane / JLayeredPane`: Verwaltung von Fensterinhalten
- `JDesktopPane`: kann mehrere Unterfenster aufnehmen
- `JInternalFrame`: Unterfenster



5.4.1 Fenster ...

Anwendungsfenster: JFrame (=> WWW: `Frame.java`)

- Beispiel:

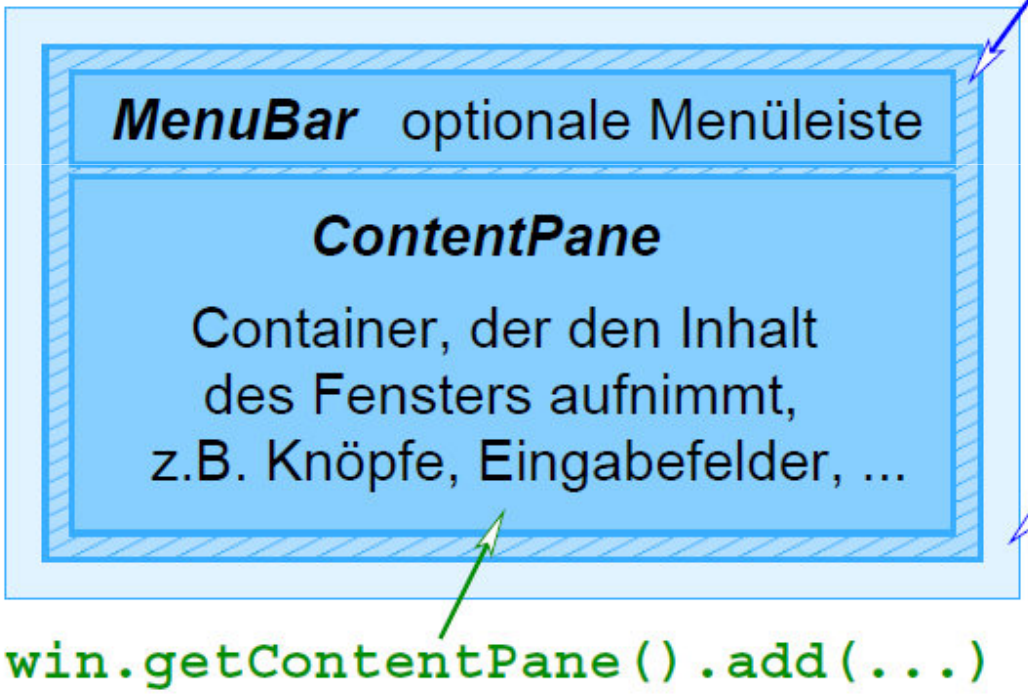
- Java–Code:

```
JFrame win = new JFrame("Test"); // Fenster–Objekt erzeugen
win.setSize(200, 120); // Größe des Fensters setzen
// Label (Beschriftung) erzeugen und in das Fenster eintragen
JLabel label = new JLabel("Das ist ein Fenster");
win.getContentPane().add(label); // Inhaltsfläche geben lassen
                                 // und Text einfügen
// Programm beenden, wenn Fenster geschlossen wird
win.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
win.pack() // Fenster  arrangiert eingefügte Komponente
win.setVisible(true); // Fenster auf Bildschirm darstellen
```

5.4.1 Fenster ...

Aufbau eines Swing-Fensters

- Swing-Fenster enthalten genau ein Objekt der Klasse JRootPane
- Aufbau der RootPane :



LayeredPane
- enthält MenuBar und ContentPane
- unterstützt / verwaltet mehere hintereinander liegende Schichten, z.B. für Unterfenster

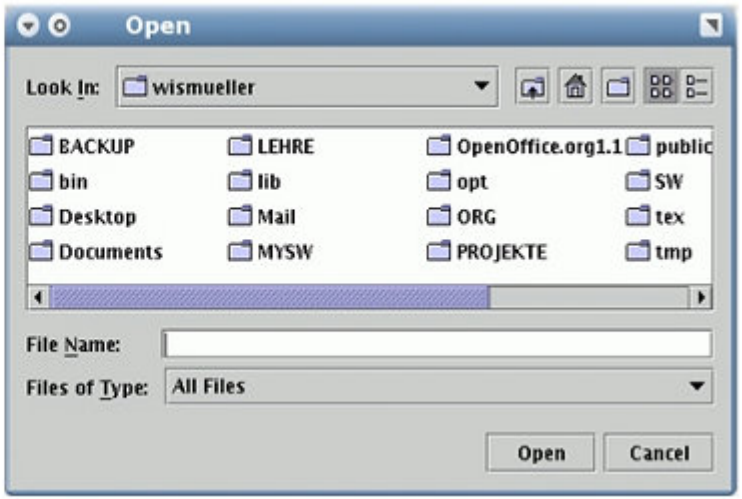
GlassPane
- liegt unsichtbar über den anderen *Panes*
- verwaltet Mausereignisse

5.4.1 Fenster ...

Modale Dialogfenster (exklusiv zu bedienendes Fenster)

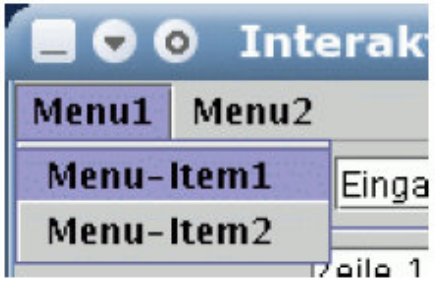
- `JOptionPane`: Informations–/Bestätigungs– und Eingabe–Dialoge

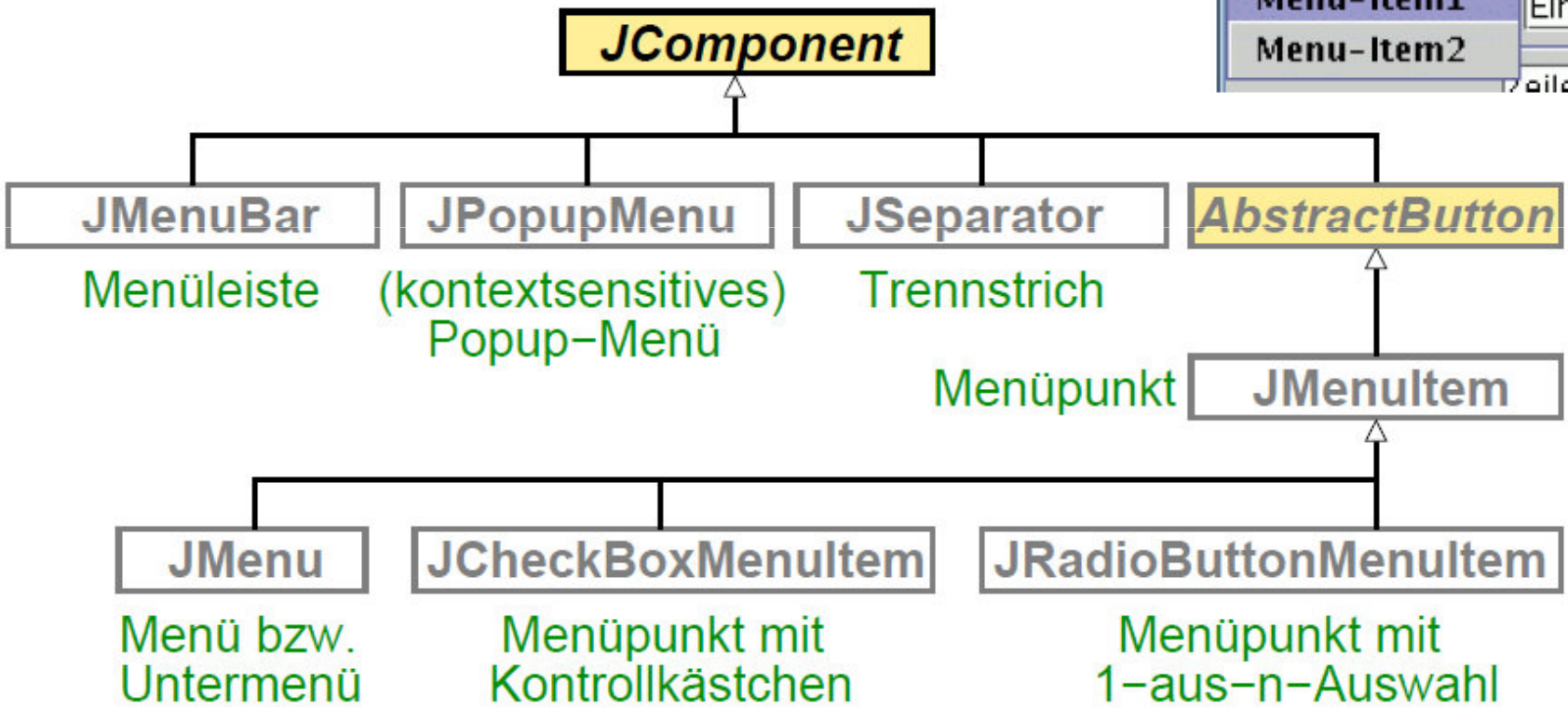
- `JFileChooser`: Dialog zur Dateiauswahl



5.4.2 Interaktionselemente

Menüs: JMenuBar, JMenu, JMenuItem





5.4.2 Interaktionselemente ...

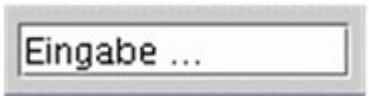
Druckknopf (Schaltfläche): `JButton`

- Zum Auslösen von Aktionen durch den Benutzer


```
JButton but = new JButton("Button");
```

Textfeld (Eingabefeld): `JTextField`

- Zur Eingabe von Texten oder numerischen Daten in einer Zeile

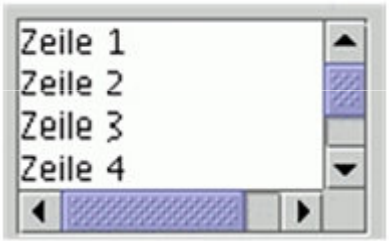



```
JTextField tf = new JTextField
        ("Eingabe ...", 10);
```

5.4.2 Interaktionselemente ...

Mehrzeiliges Textfeld (Textbereich): `JTextArea`

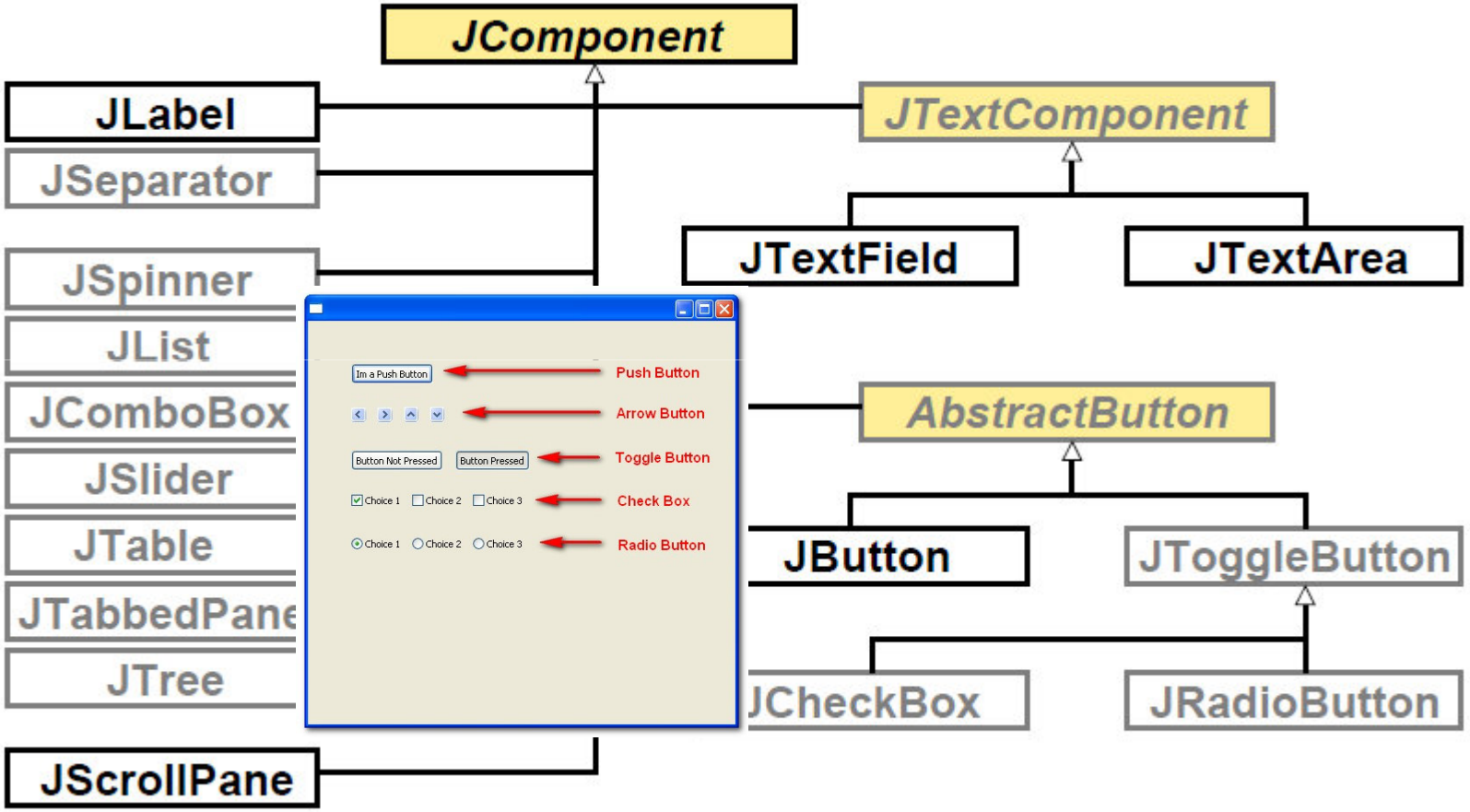
- Zur Ein- und/oder Ausgabe mehrzeiliger Texte
- Kann auch mit Rollbalken versehen werden (JScrollPane), die bei Bedarf automatisch angezeigt werden




```
JTextArea ta = new JTextArea(4,10);
ta.append("Zeile 1\nZeile 2\n" +
          "Zeile 3\nZeile 4");
win.getContentPane().add(
          new JScrollPane(ta));
```

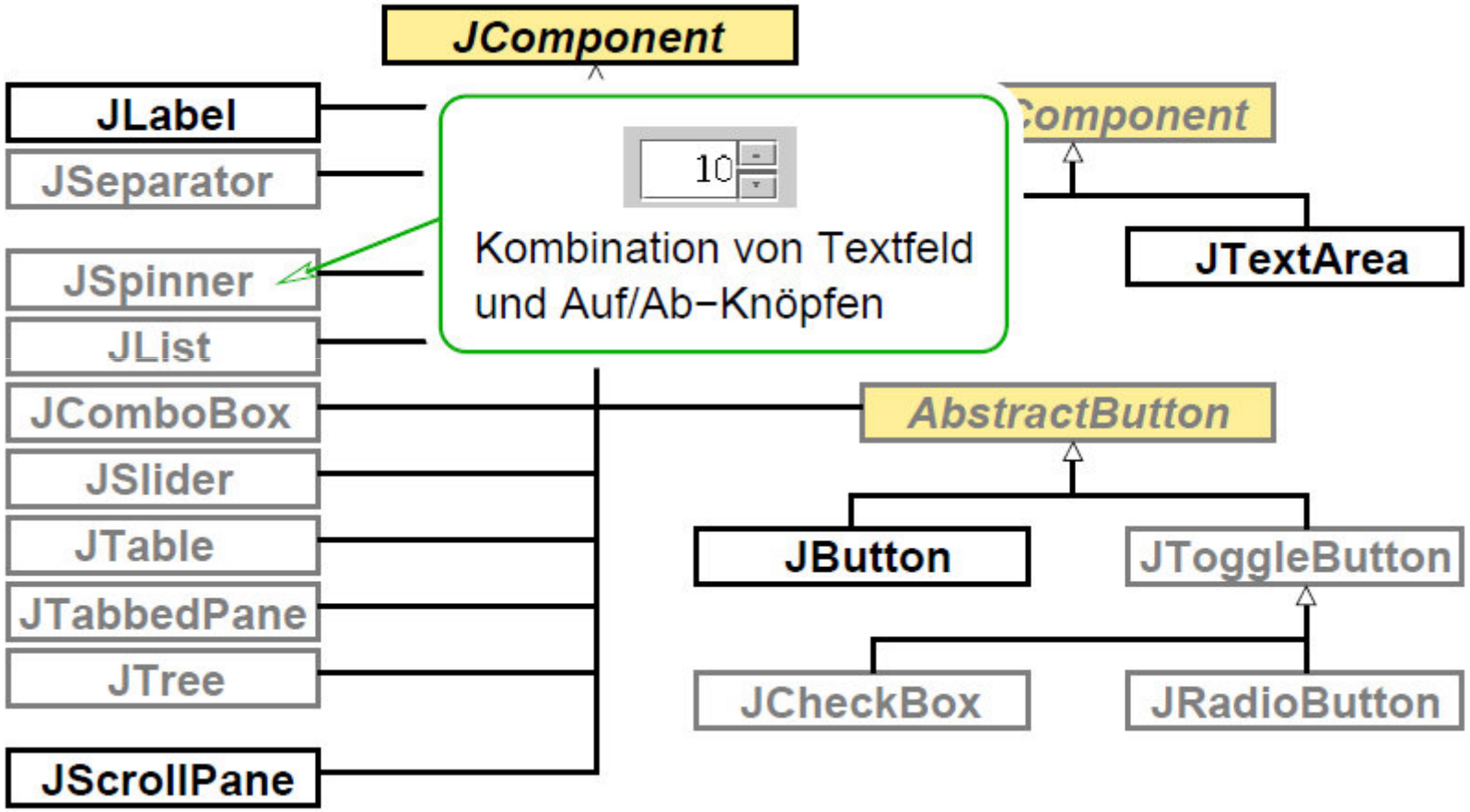
5.4.2 Interaktionselemente ...

Hierarchie einiger Swing-Klassen für Interaktionselemente



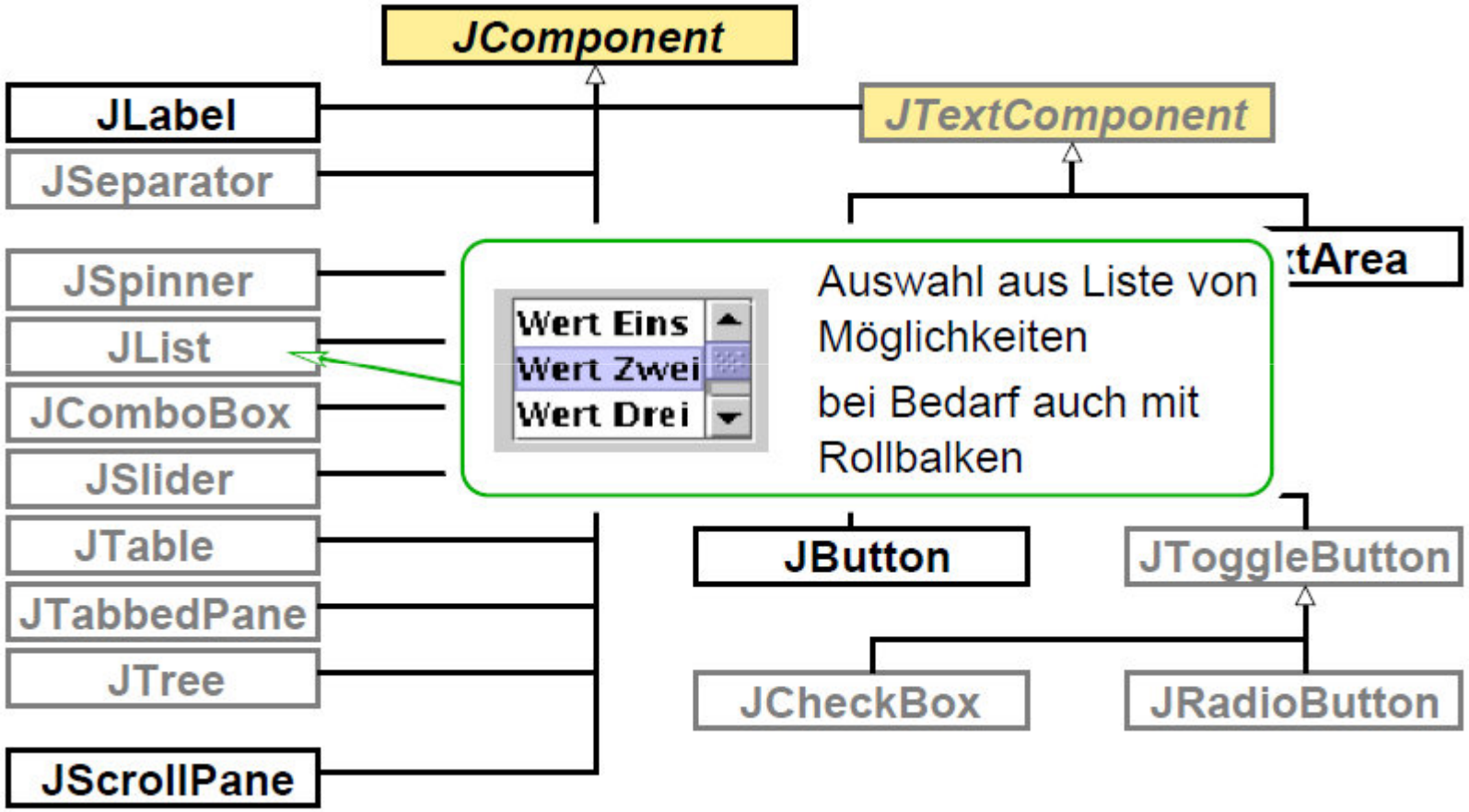
5.4.2 Interaktionselemente ...

Hierarchie einiger Swing-Klassen für Interaktionselemente



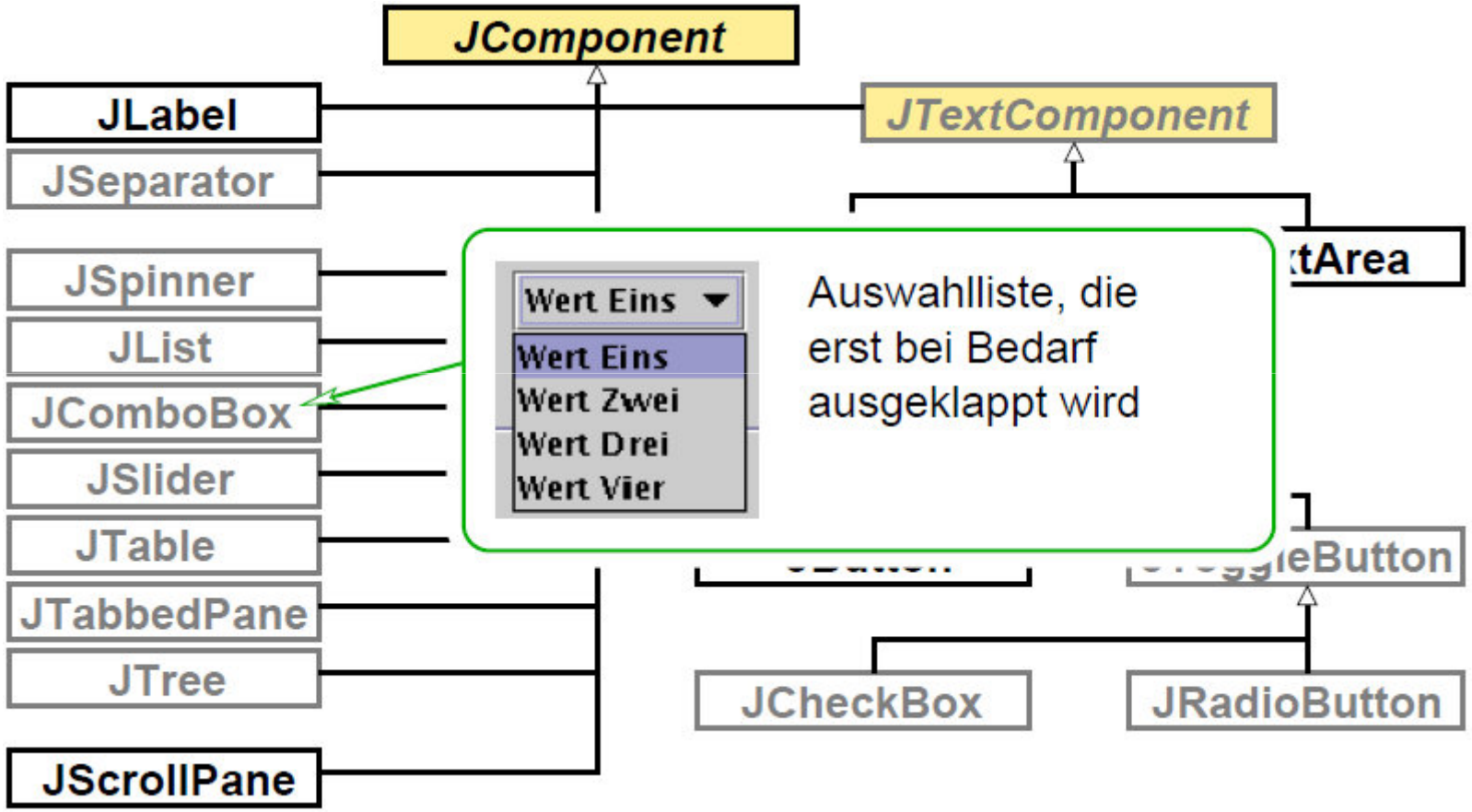
5.4.2 Interaktionselemente ...

Hierarchie einiger Swing-Klassen für Interaktionselemente



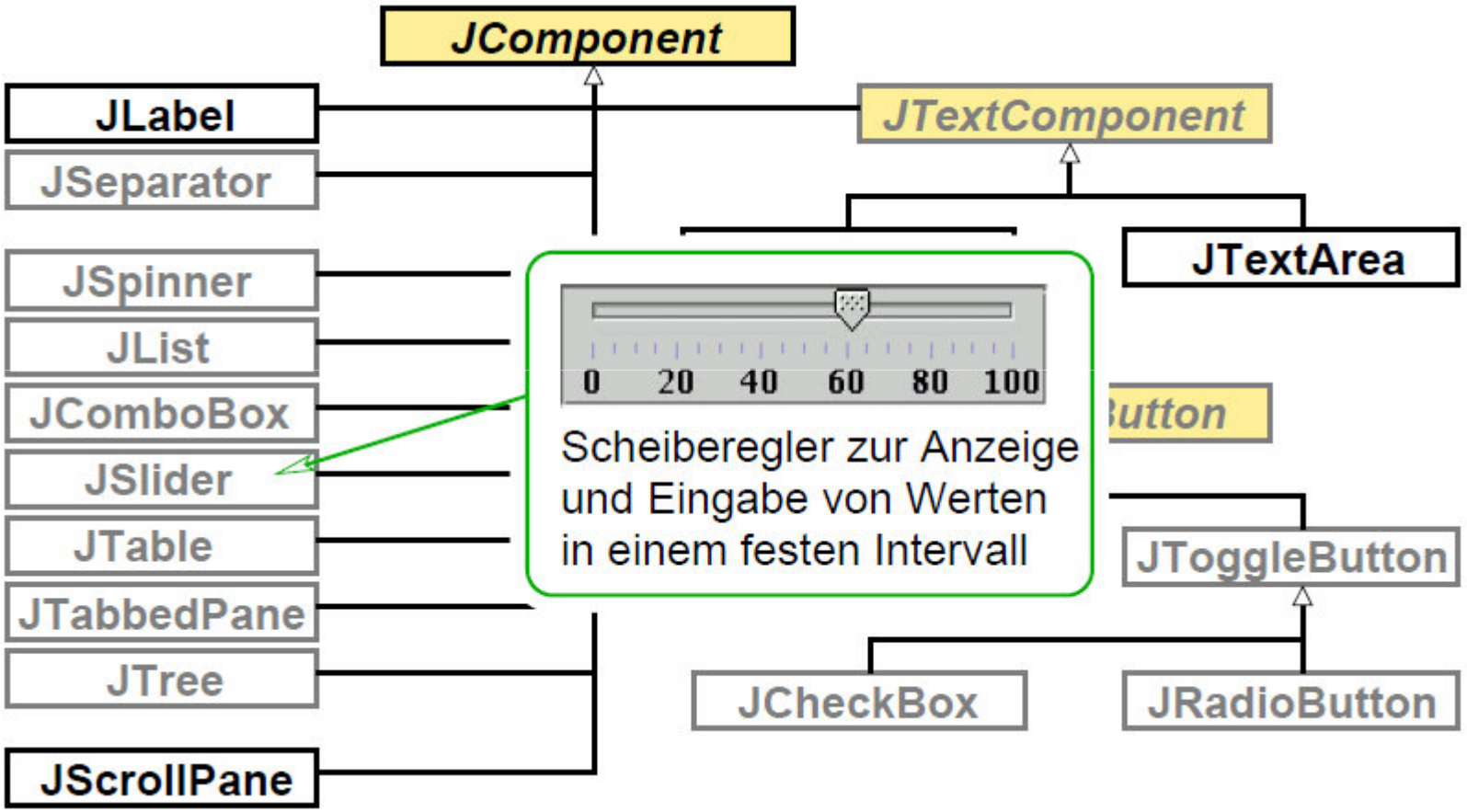
5.4.2 Interaktionselemente ...

Hierarchie einiger Swing-Klassen für Interaktionselemente



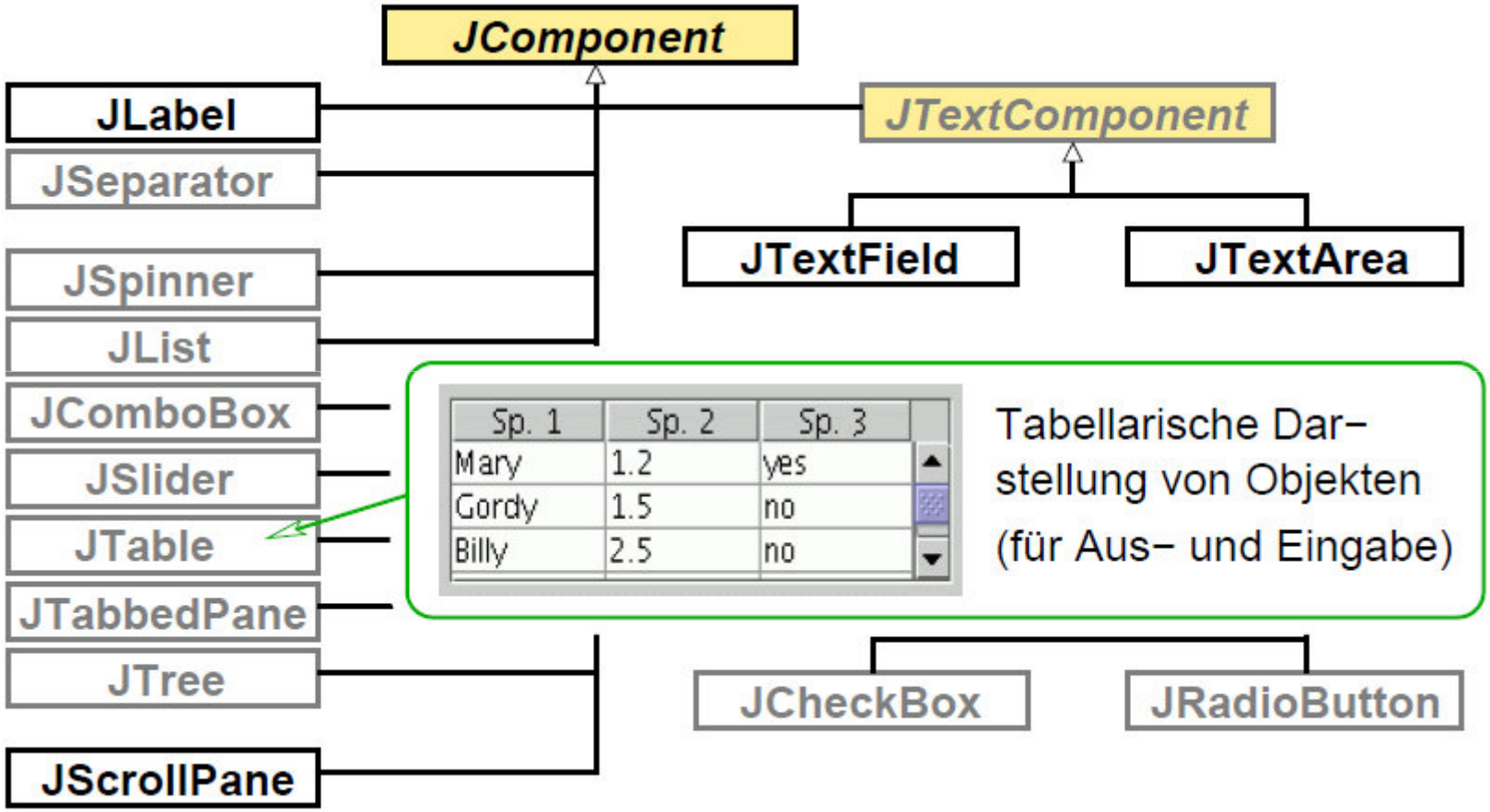
5.4.2 Interaktionselemente ...

Hierarchie einiger Swing-Klassen für Interaktionselemente



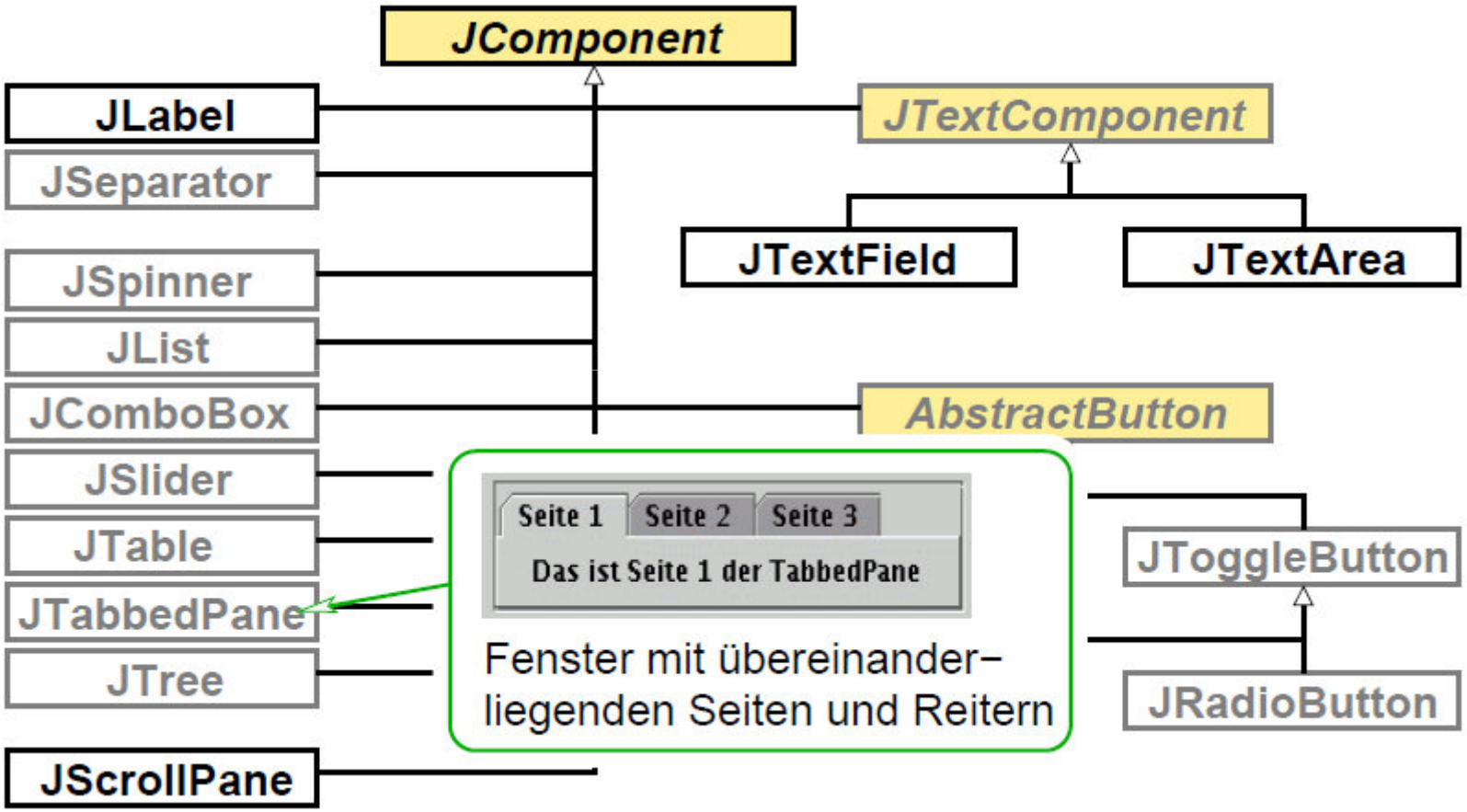
5.4.2 Interaktionselemente ...

Hierarchie einiger Swing-Klassen für Interaktionselemente



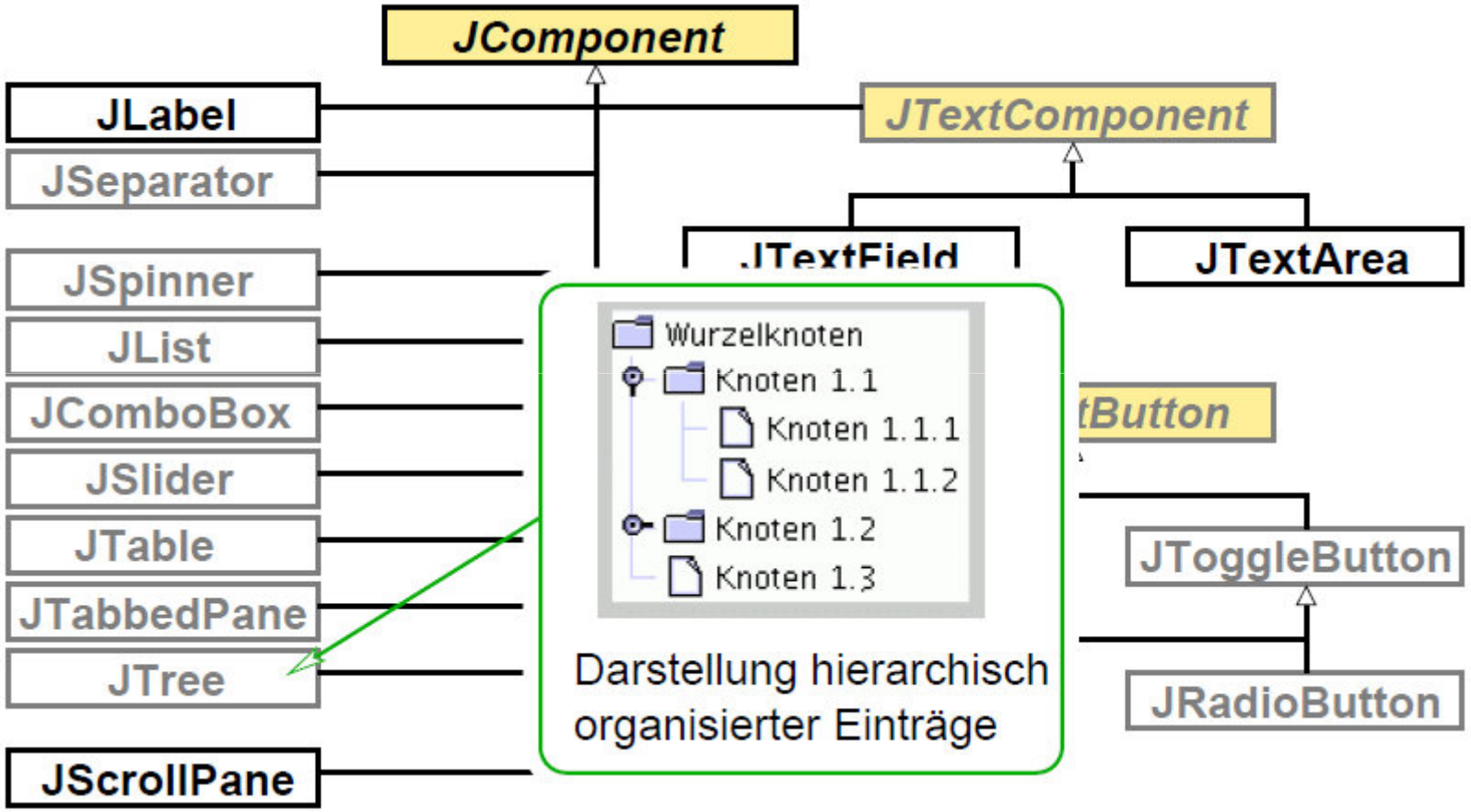
5.4.2 Interaktionselemente ...

Hierarchie einiger Swing-Klassen für Interaktionselemente



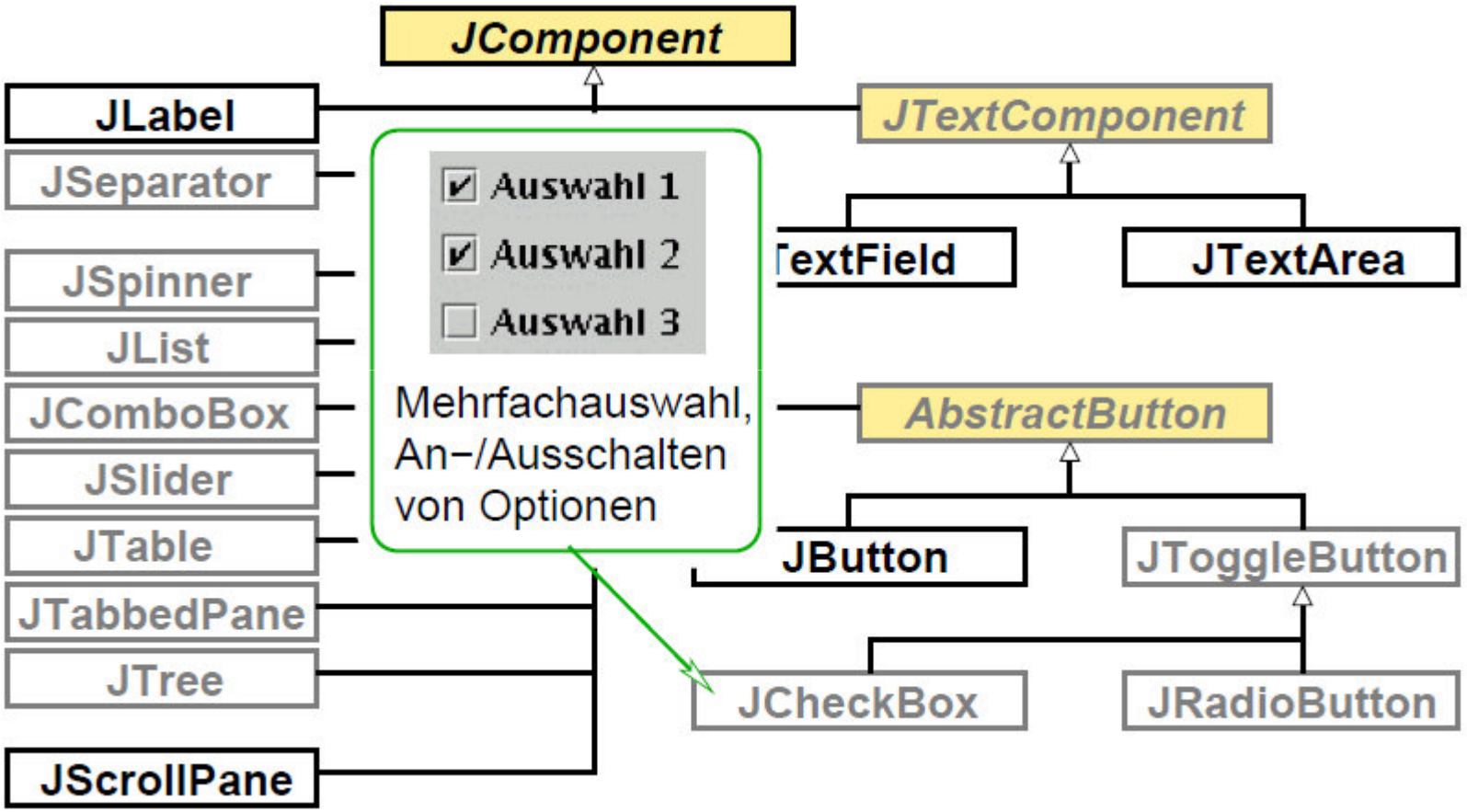
5.4.2 Interaktionselemente ...

Hierarchie einiger Swing-Klassen für Interaktionselemente



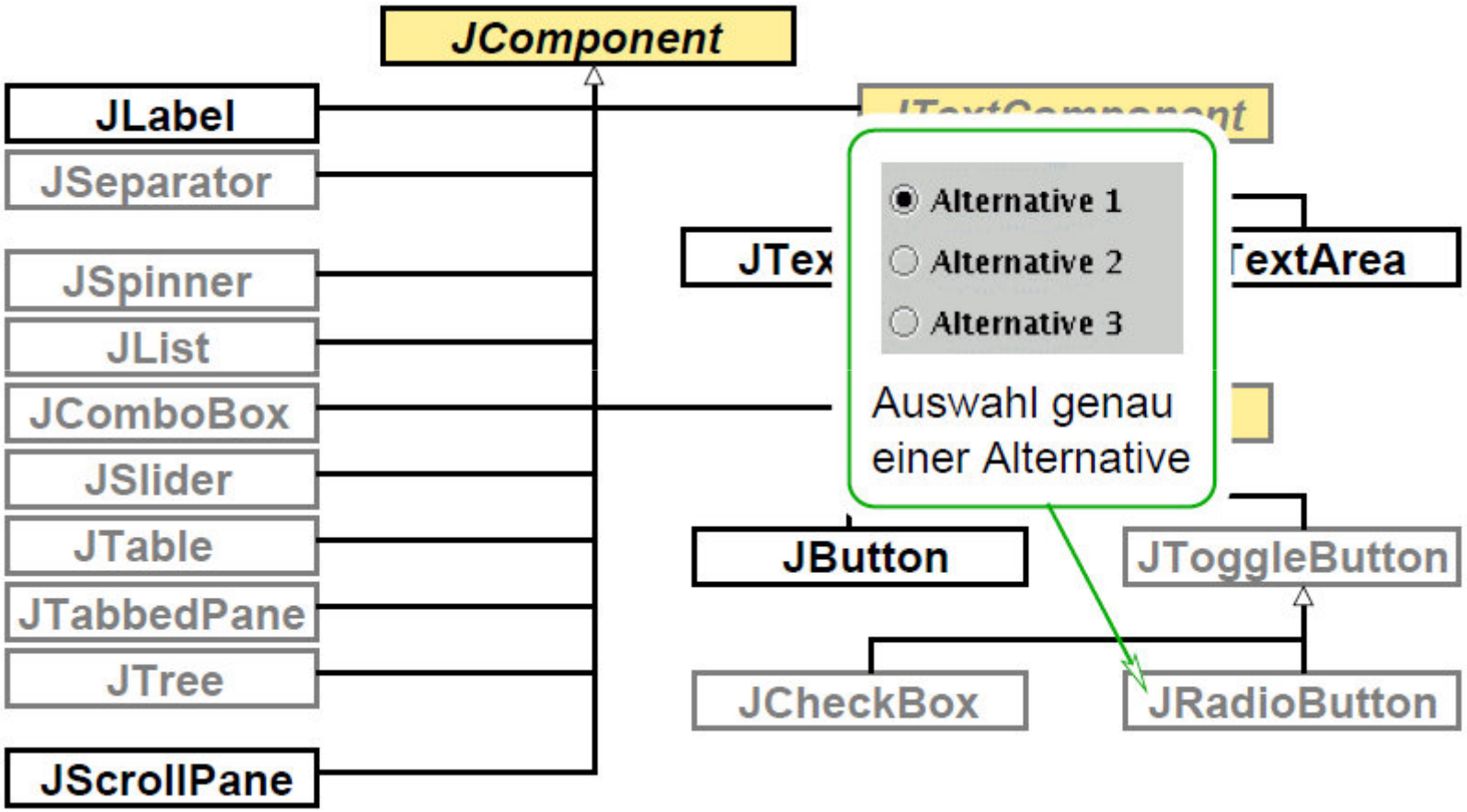
5.4.2 Interaktionselemente ...

Hierarchie einiger Swing-Klassen für Interaktionselemente

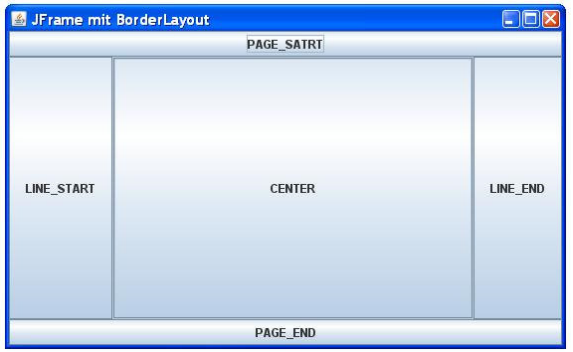


5.4.2 Interaktionselemente ...

Hierarchie einiger Swing-Klassen für Interaktionselemente



5.4.3 Layout von Interaktionselementen

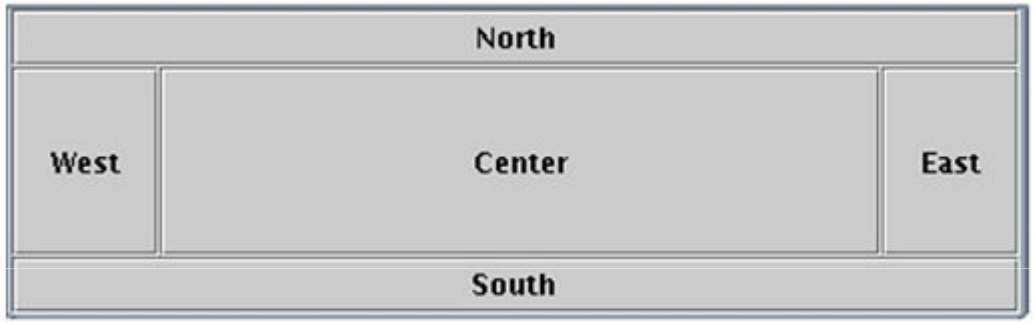


- Die Methode `add()` eines Container-Objekts erlaubt das Einfügen von Komponenten in ein Fenster
- Frage: Wie wird dabei das graphische Layout bestimmt?
- Diese Aufgabe wird vom Container an einen LayoutManager delegiert, der festlegt
  - wo eine Komponente in dem Fenster erscheint
  - wie sie sich beim Vergrößern/Verkleinern des Fensters verhält
- Für Teile eines Fensters können auch unterschiedliche Layouts verwendet werden:
  - die Komponenten werden dazu in einen weiteren Container (z.B. `JPanel` oder `Box`) verpackt, der ein anderes Layout nutzt
  - dieser Container selbst ist dabei unsichtbar

5.4.3 Layout von Interaktionselementen ...

Standard-Layout von Swing-Fenstern: `BorderLayout`

- Kann maximal fünf Komponenten verwalten
  - eine oben, unten, links bzw. rechts und eine in der Mitte

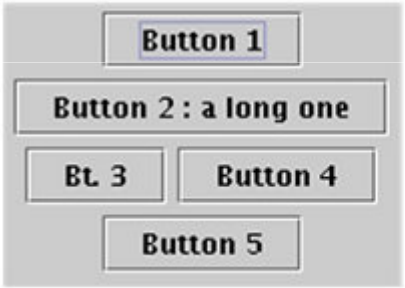



```
JFrame win = new JFrame("Test");
Container cont = win.getContentPane();
cont.add(new JButton("North"), BorderLayout.NORTH);
cont.add(new JButton("South"), BorderLayout.SOUTH);
cont.add(new JButton("East"), BorderLayout.EAST);
cont.add(new JButton("West"), BorderLayout.WEST);
cont.add(new JButton("Center"), BorderLayout.CENTER);
```

5.4.3 Layout von Interaktionselementen …

Standard-Layout des `JPanel`-Containers: `FlowLayout`

- Beliebig viele Komponenten werden in einer Zeile angeordnet, ggf. mit Zeilenumbruch bei Änderung der Fenstergröße

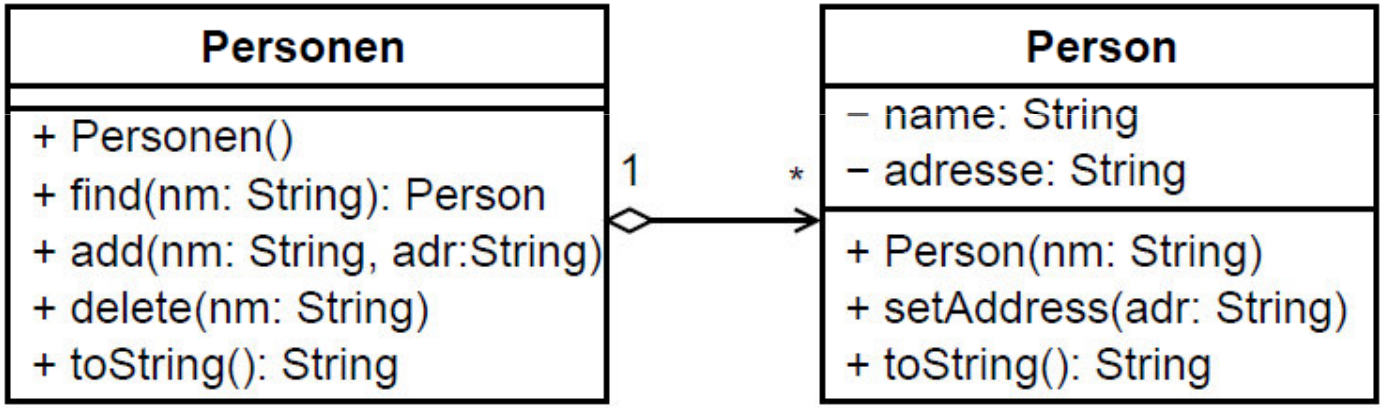



```
JPanel panel = new JPanel();
JFrame win = new JFrame("Test");
panel.add(new JButton("Button 1"));
panel.add(new JButton("Butto..."));
...
win.getContentPane().add(panel);
```

- Einem JPanel-Objekt kann bei der Erzeugung auch ein anderer Layout-Manager übergeben werden
- JPanel-Objekte können beliebig verschachtelt werden

5.4.4 Ein Beispiel

- Es soll ein System zur Verwaltung von Namen und Adressen realisiert werden
- OOD-Klassendiagramm des Fachkonzepts (Anwendungslogik):



- Das Programm soll eine graphische Bedienoberfläche erhalten

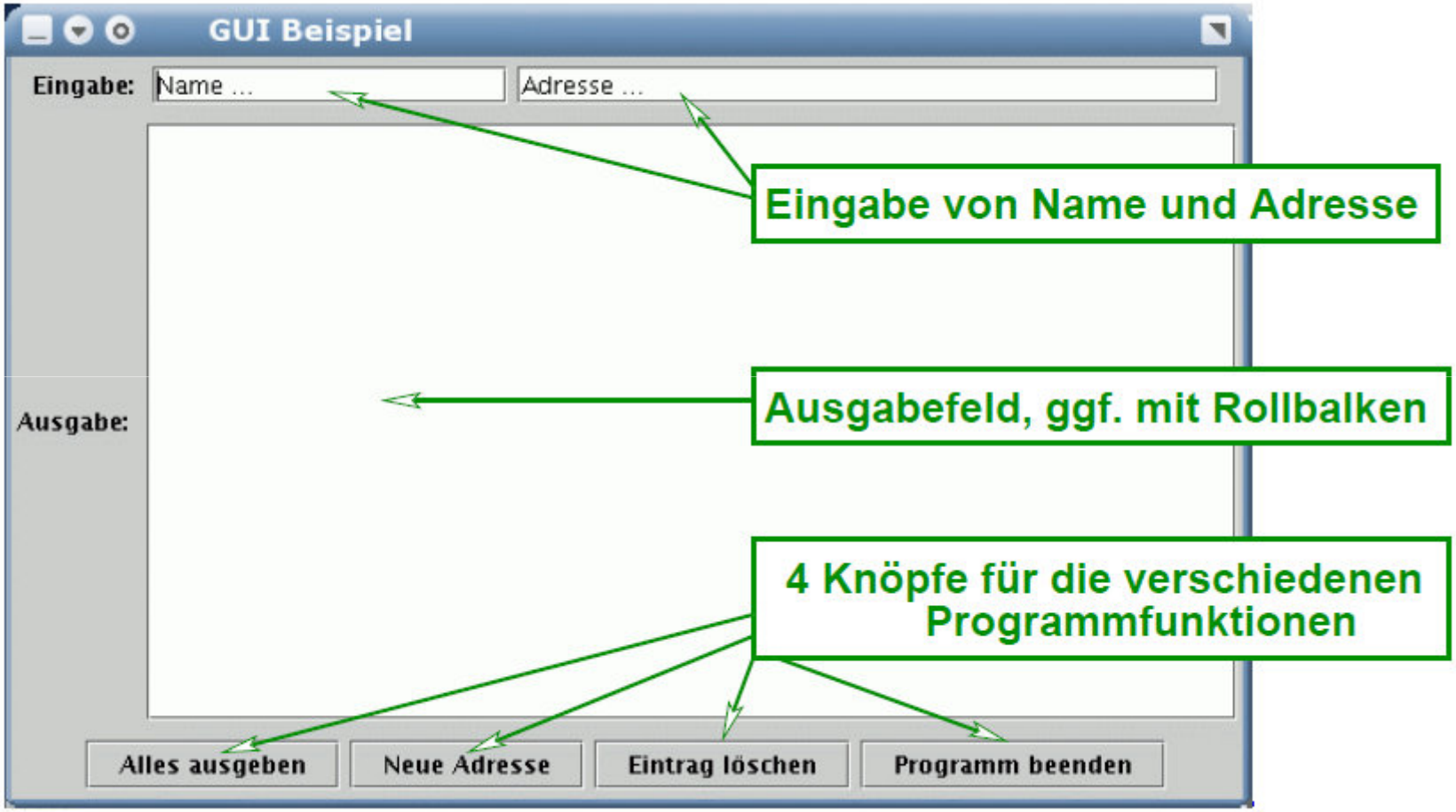
5.4.4 Ein Beispiel ...

Anforderungen an die Bedienoberfläche

- Die Bedienoberfläche soll die folgenden Funktionen unterstützen:
  - Anlegen eines neuen Personen-Eintrags
  - Ändern der Adresse zu einem Namen
  - Ausgabe der Liste aller Personen mit Adressen
  - Löschen einer Person aus der Liste
- Design-Entscheidung:
  - Personenname ist Primärschlüssel, d.h. mehrere Personen mit dem gleichen Namen sind nicht zulässig
  - das Anlegen und Ändern eines Eintrags wird identisch behandelt

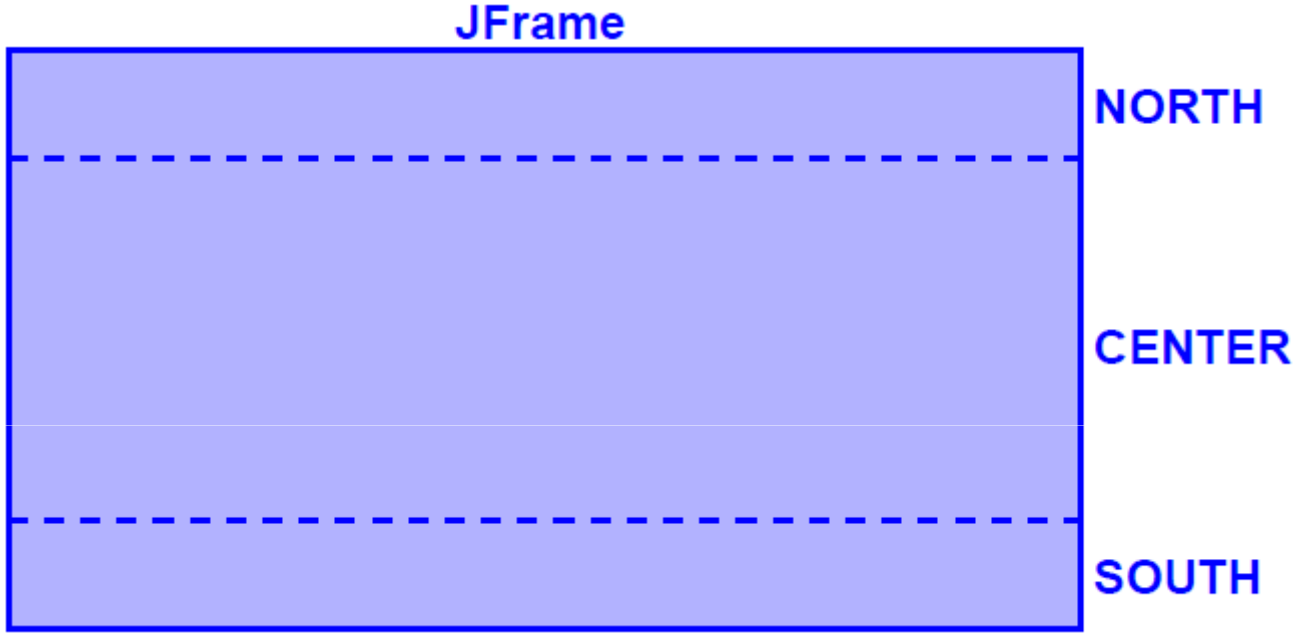
5.4.4 Ein Beispiel ...

Entwurf des Anwendungsfensters



5.4.4 Ein Beispiel ...

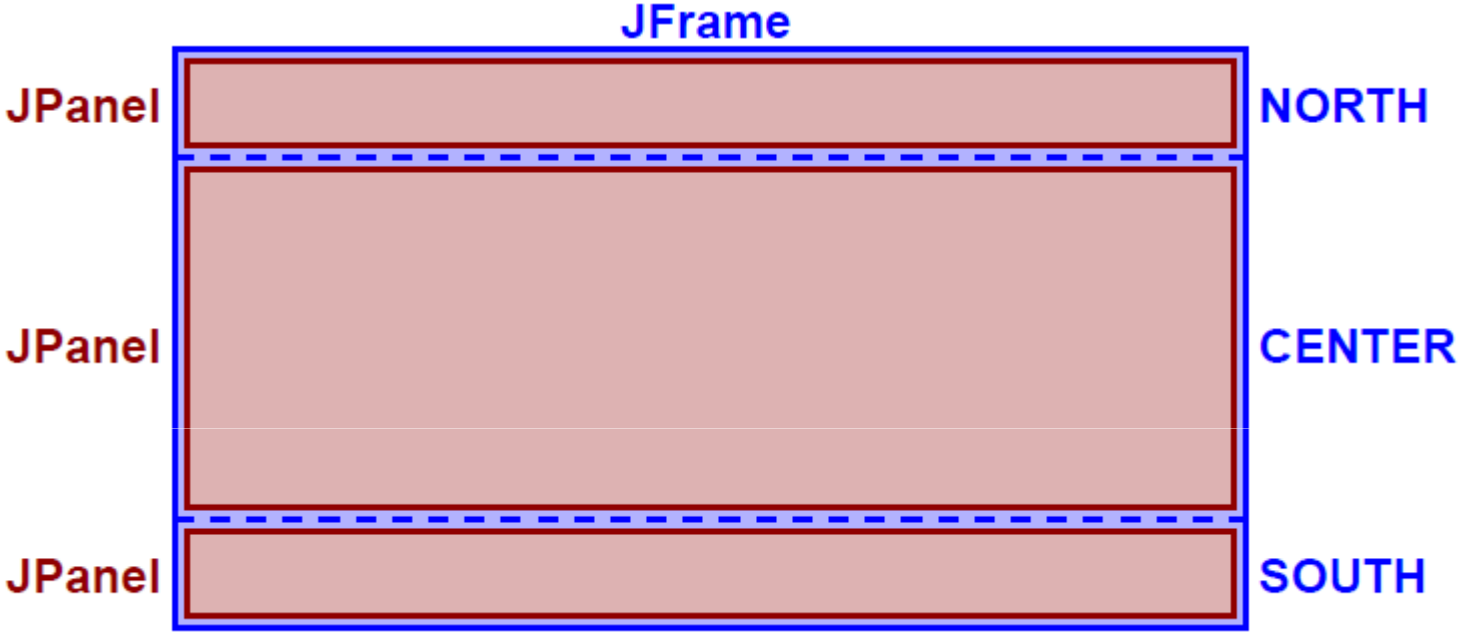
Aufbau des Anwendungsfensters



- `JFrame`-Fenster mit drei Bereichen: `NORTH, CENTER, SOUTH`

5.4.4 Ein Beispiel ...

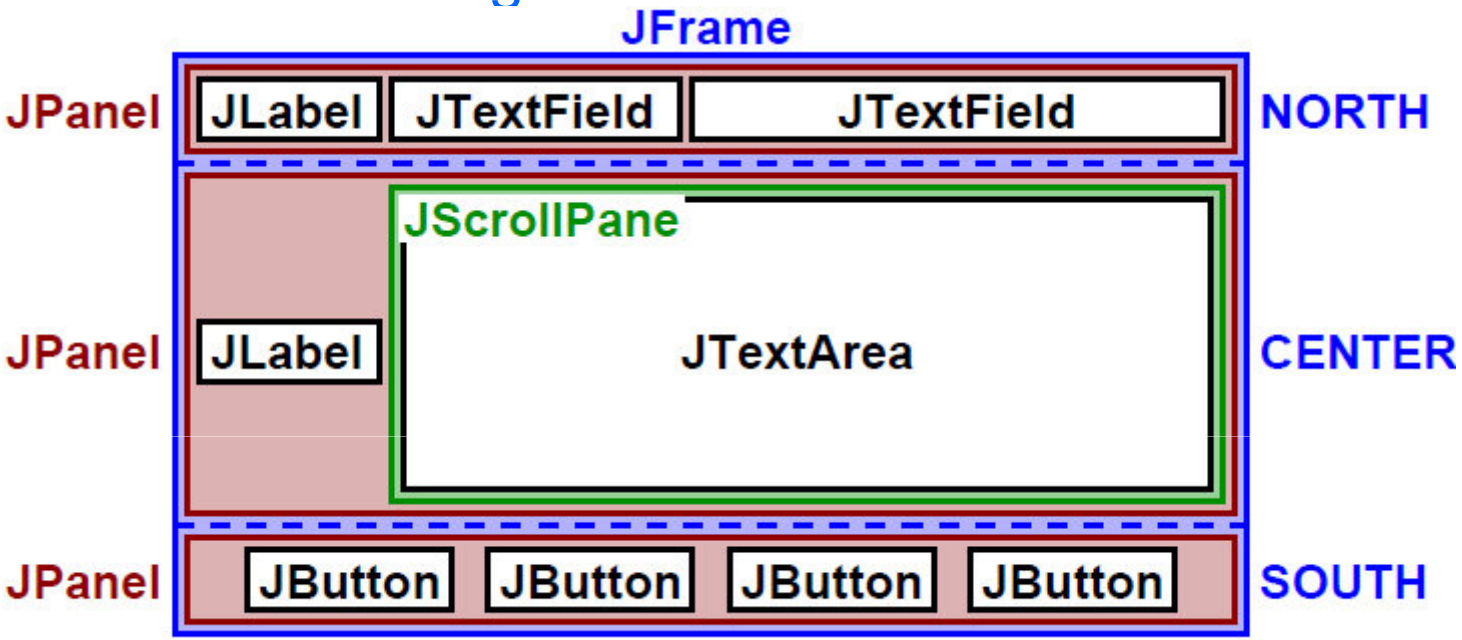
Aufbau des Anwendungsfensters



- `JFrame`-Fenster mit drei Bereichen: `NORTH, CENTER, SOUTH`
- In jedem Bereich ein `JPanel` zur Aufnahme mehrerer Elemente

5.4.4 Ein Beispiel ...

Aufbau des Anwendungsfensters



- `JFrame`-Fenster mit drei Bereichen: `NORTH, CENTER, SOUTH`
- In jedem Bereich ein `JPanel` zur Aufnahme mehrerer Elemente
  - die Elemente werden nebeneinander angeordnet

5.4.4 Ein Beispiel ...

Erster Programmentwurf für das GUI

```
import java.awt.*;
import javax.swing.*;

class Bsp1GUI extends JFrame { // Wir erben von JFrame
   private JTextField ein1, ein2; // Eingabefelder
   private JTextArea aus; // Ausgabefeld

   public Bsp1GUI() {
        super("GUI Beispiel");
        Container container = getContentPane();
        // Eingabepanel mit Textfeldern erzeugen
        JPanel panel1 = new JPanel();
        panel1.add(new JLabel("Eingabe: "));
        ein1 = new JTextField("Name ...", 16);
        panel1.add(ein1);
```

5.4.4 Ein Beispiel ...

```
ein2 = new JTextField("Adresse ...", 32);
panel1.add(ein2);
container.add(panel1, BorderLayout.NORTH);
// Ausgabepanel mit mehrzeiligem Textfeld erzeugen

JPanel panel2 = new JPanel();
panel2.add(new JLabel("Ausgabe: "));
aus = new JTextArea(20, 50);
aus.setEditable(false); // nicht editierbar
panel2.add(new JScrollPane(aus)); // Rollbalken

container.add(panel2, BorderLayout.CENTER);
// Panel mit vier Knöpfen erzeugen
JPanel panel3 = new JPanel();
JButton button1 = new JButton("Alles ausgeben");
panel3.add(button1);
JButton button2 = new JButton("Neue Adresse");
```

5.4.4 Ein Beispiel ...

```
        panel3.add(button2);
        JButton button3 = new JButton("Eintrag löschen");
        panel3.add(button3);
        JButton button4 = new JButton("Programm beenden");
        panel3.add(button4);
        container.add(panel3, BorderLayout.SOUTH);
        pack(); // Fenstergröße automatisch berechnen
    }

    public static void main(String args[]) {
        // Anwendungsfenster erzeugen und sichtbar machen
        Bsp1GUI gui = new Bsp1GUI();
        gui.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
        gui.setVisible(true);
    }
}
```

5.4.4 Ein Beispiel ...

Was fehlt noch?

- Wir haben noch nicht programmiert, was beim Drücken der Knöpfe passieren soll
- Zwei Teilaufgaben:
  - Ereignisbehandlung: wir müssen in unserem Programm auf Ereignisse reagieren können, die der Benutzer auslöst
    - Maus- und Tastaturereignisse, z.B. Drücken eines Knopfes, Eingabe in ein Textfeld, ...
  - Anbindung des Fachkonzepts: die Fachklassen müssen an das GUI angebunden werden
    - im Beispiel: `Personen` und `Person`

5.4.5 Ereignisbehandlung in Java

- Ereignisse werden in Swing /AWT nach dem Delegations-modell bearbeitet
- Die Ereignisquelle (z.B. ein Knopf) delegiert dabei die Verarbeitung des Ereignisses an ein anderes Objekt
  - Objekte registrieren sich bei der Quelle eines Ereignisses als ”Ereignis-Abhörer“ (*Event Listener*)
  - die Quelle informiert die Objekte dann über diese Ereignisse
    - durch Aufruf einer Methode einer Schnittstelle, die die Objekte implementieren müssen
- Die Ereignisse werden dabei als Objekte modelliert
  - Klassenhierarchie für die verschiedenen Ereignistypen
    - Mausbewegung, Knopf gedrückt, Taste gedrückt, ...

5.4.5 Ereignisbehandlung in Java ...

Delegationsmodell

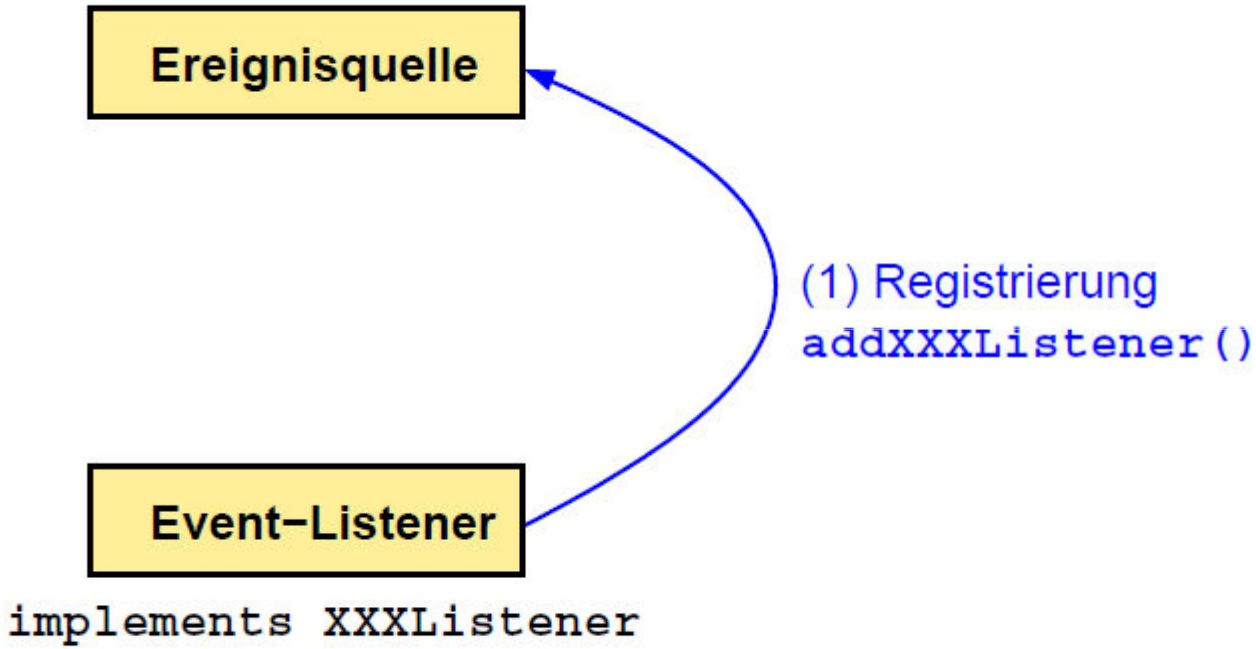
Ereignisquelle

Event-Listener

```
implements XXXListener
```

5.4.5 Ereignisbehandlung in Java ...

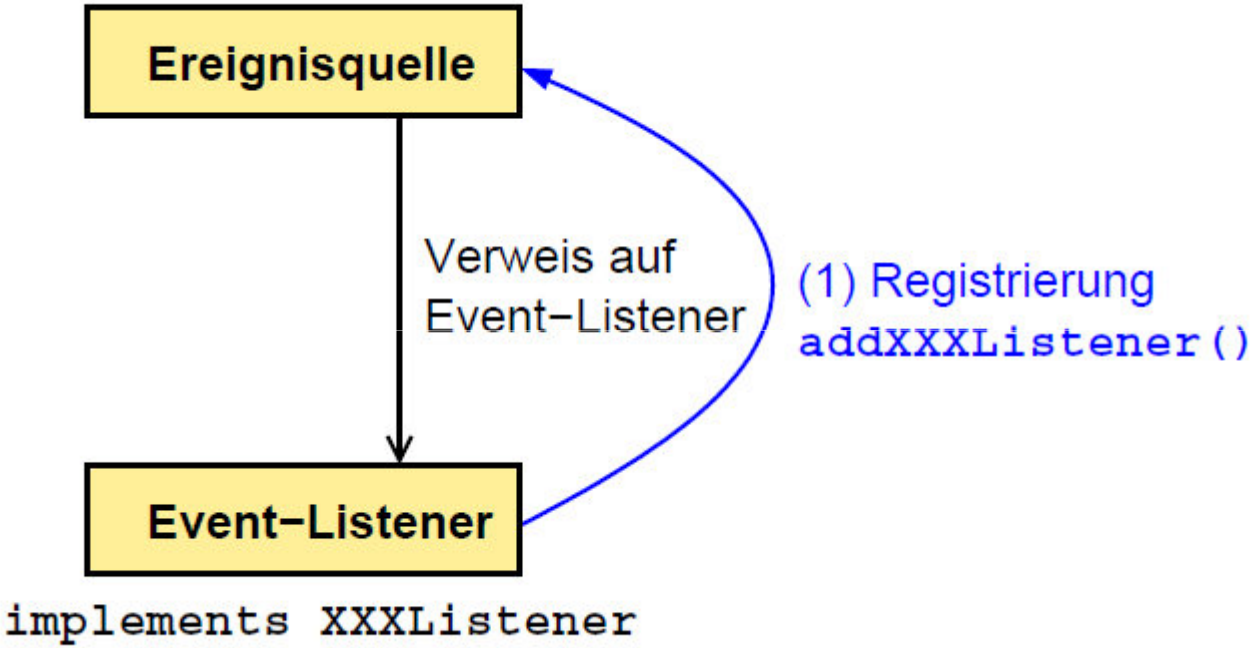
Delegationsmodell



z.B. `class Bildbetrachter`

5.4.5 Ereignisbehandlung in Java ...

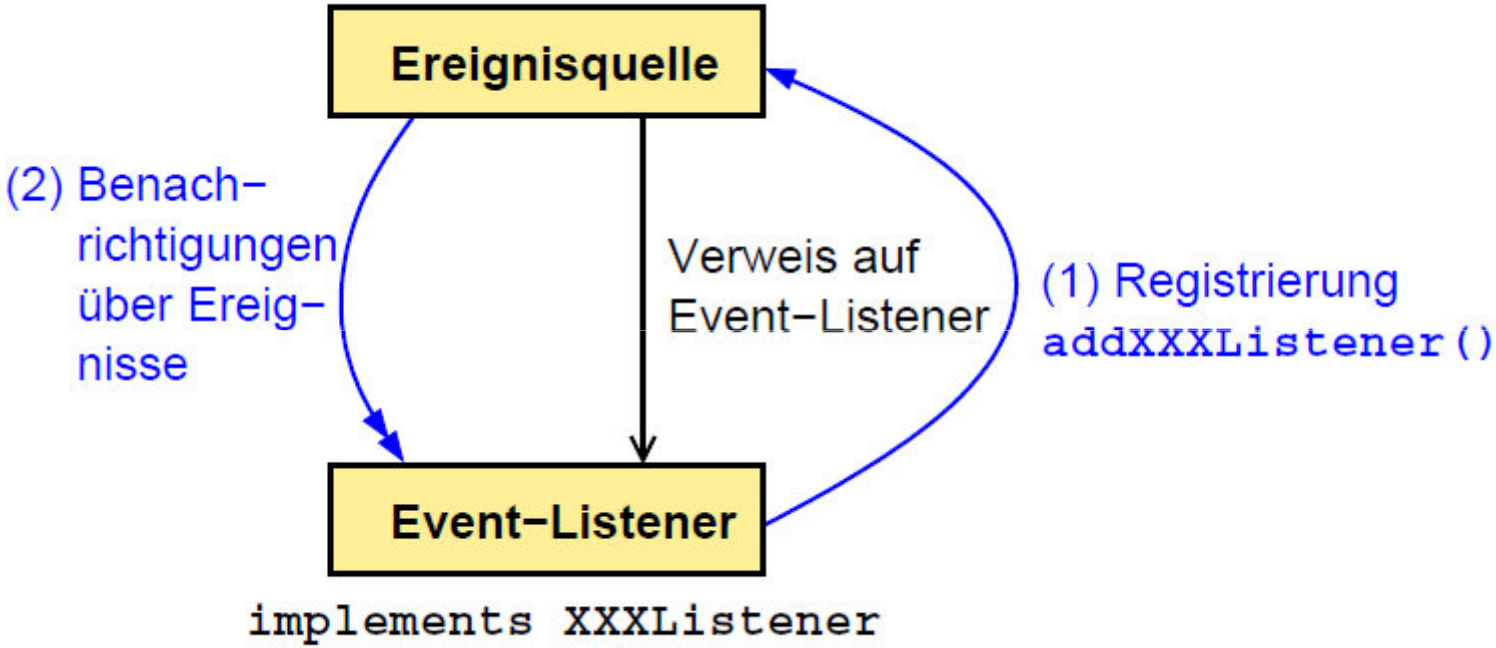
Delegationsmodell



- Für ein Ereignis können sich beliebig viele Listener registrieren

5.4.5 Ereignisbehandlung in Java ...

Delegationsmodell



- Für ein Ereignis können sich beliebig viele Listener registrieren

5.4.5 Ereignisbehandlung in Java ...

Die Ereignisklasse `java.awt.ActionEvent`

- Wichtigste Ereignisklasse in Swing /AWT: zeigt an, daß eine (komponentenspezifische) Benutzer-Aktion stattgefunden hat
  - z.B. Drücken eines Knopfes, Auswahl eines Menüpunkts
- `ActionEvent` erbt von `java.awt.AWTEvent`, das wiederum von `java.util.EventObject` erbt
- Wichtige Methode von `AWTEvent`:
  - `Object getSource()`: liefert Quelle des Ereignisses (z.B. Menüeintrag)
- Wichtige Methode von ActionEvent:
  - `String getActionCommand()`: liefert den Kommandostring der auslösenden Swing / AWT-Komponente (z.B. Öffnen")
    - Voreinstellung für den Kommandostring: Beschriftung der Komponente

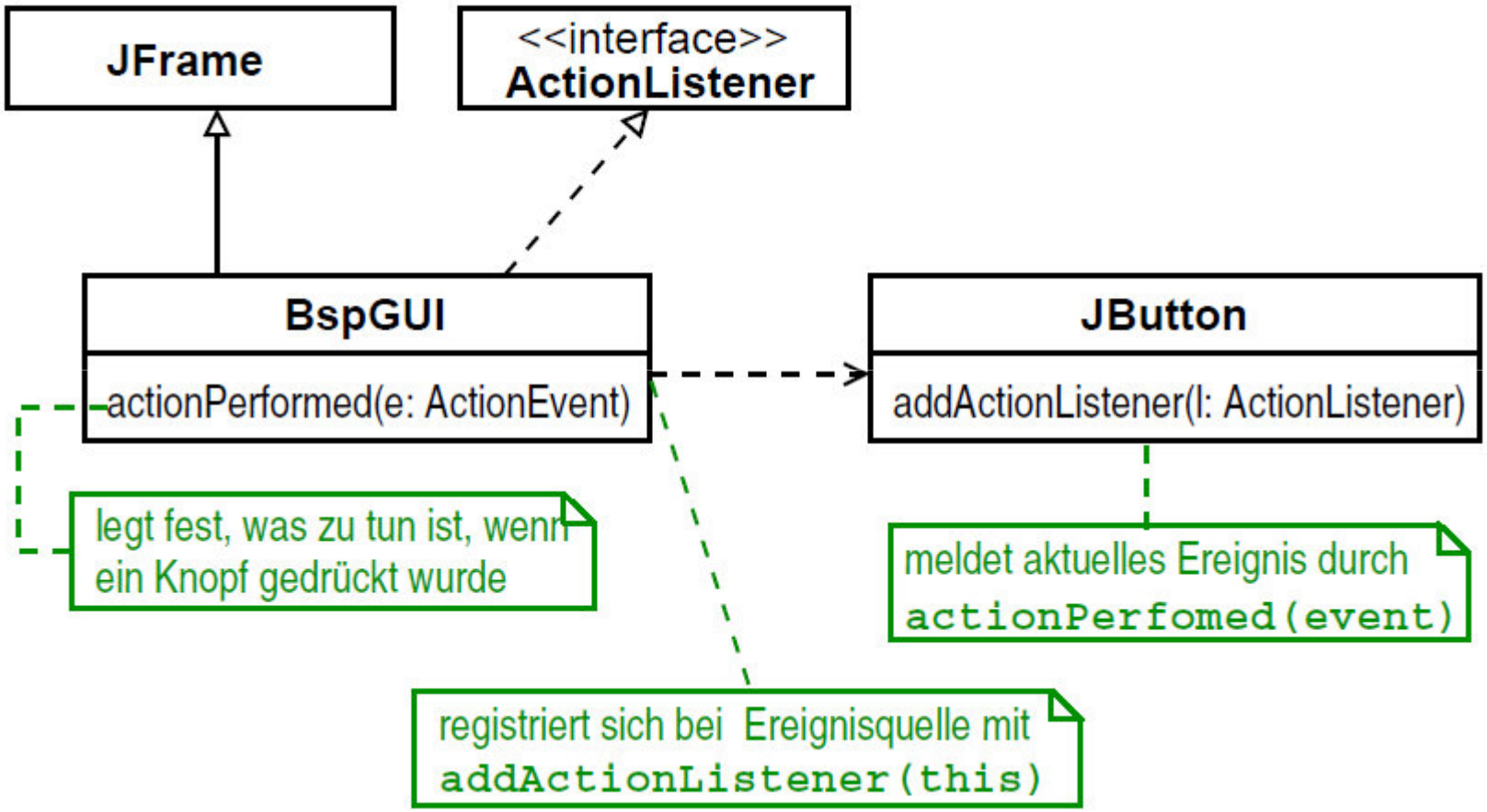
5.4.5 Ereignisbehandlung in Java ...

Event-Listener

- Zu jeder Ereignisklasse gibt es eine zugehörige Event-Listener-Schnittstelle
- Namenskonvention: für ein Ereignis `XXXEvent`
  - heißt die Listener-Schnittstelle `XXXListener`
  - ist die Registrierungsmethode der Swing /AWT-Komponenten
  - `void addXXXListener(XXXListener l)`
- Ereignisse werden über Methoden der Schnittstelle gemeldet,
  z.B.:
```
interface ActionListener {
        void actionPerformed(ActionEvent e);
}
```
  - ggf. auch mehrere Methoden für unterschiedliche Ereignisse
- Die Listener-Objekte müssen diese Schnittstelle implementieren

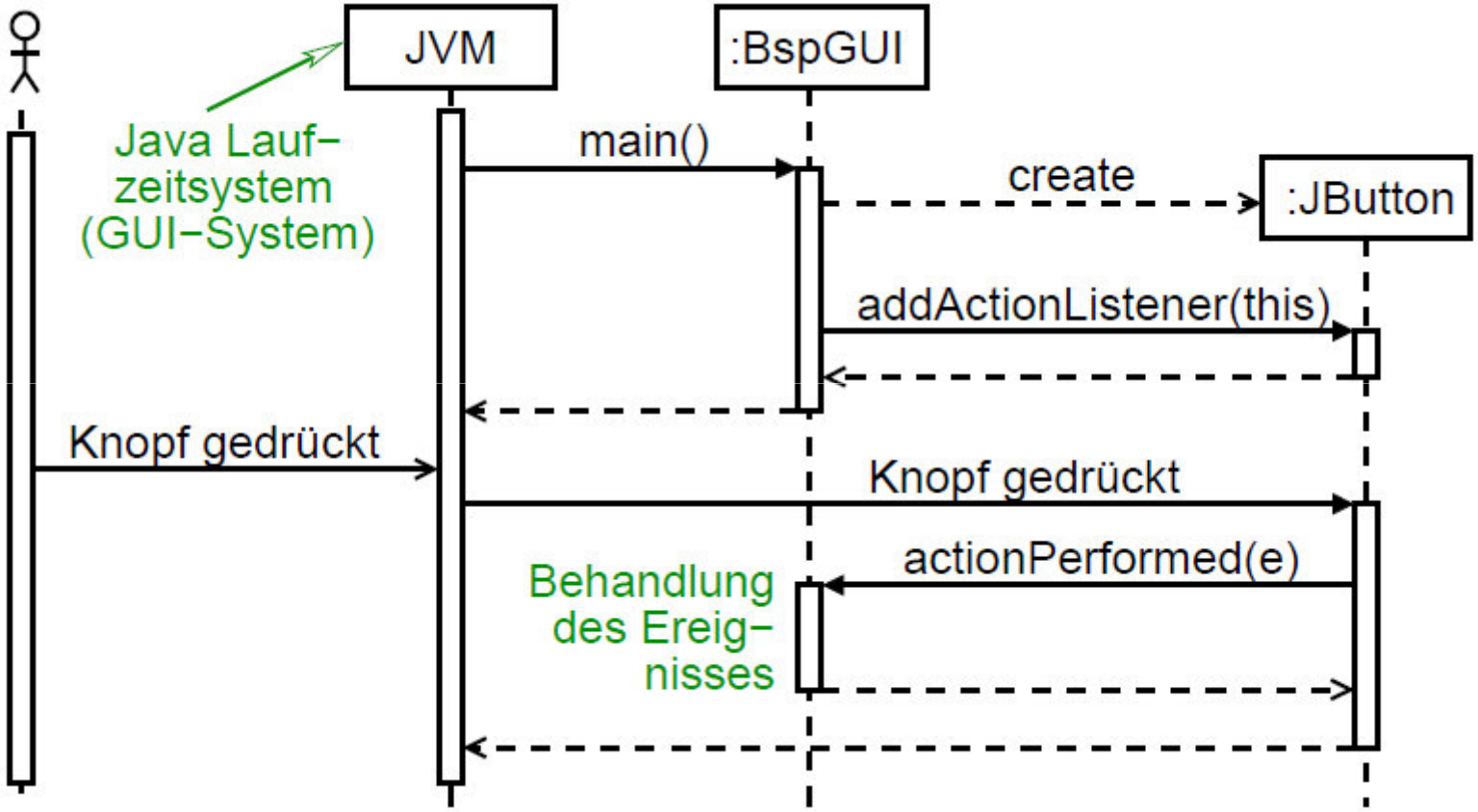
5.4.5 Ereignisbehandlung in Java ...

Delegationsmodell für einen Knopf: Klassendiagramm



5.4.5 Ereignisbehandlung in Java ...

Delegationsmodell für einen Knopf: Sequenzdiagramm



5.4.5 Ereignisbehandlung in Java ...

GUI-Bsp. mit funktionierenden Knöpfen

```
...
import java.awt.event.*;
class Bsp2GUI extends JFrame implements ActionListener {
   ... // Bsp2GUI ist ein ActionListener
   public Bsp2GUI() {
        ...
        JPanel panel3 = new JPanel();
        JButton button1 = new JButton("Alles ausgeben");
        button1.addActionListener(this); // als Listener registrieren
        panel3.add(button1);
        JButton button2 = new JButton("Neue Adresse");
        button2.addActionListener(this); // als Listener registrieren
        ...
   }
```

5.4.5 Ereignisbehandlung in Java ...

```
// Wird aufgerufen, wenn irgendein Knopf gedrueckt wurde
public void actionPerformed(ActionEvent e) {
     String label = e.getActionCommand();
     if (label.equals("Alles ausgeben")) {
            aus.append("Ausgabeknopf gedrueckt\n");
     }
     else if (label.equals("Neue Adresse")) {
            aus.append("Neue-Adresse-Knopf gedrueckt\n");
            // getText() liefert den eingegebenen String
            aus.append("Name: " + ein1.getText() +
            ", Adresse: " + ein2.getText() + "\n");
     }
     else if (label.equals("Eintrag loeschen")) { ... }
     else { dispose(); } // Fenster schliessen
}
...
```

5.4.5 Ereignisbehandlung in Java ...

Die Knöpfe funktionieren

5.4.5 Ereignisbehandlung in Java ...

Diskussion

- Im Beispiel behandelt eine einzige Methode `actionPerformed()` die Ereignisse **aller** GUI-Elemente des Fensters (zentrale “Verteiler”-Methode)
  - keine gute Code-Struktur
  - unübersichtlich bei komplexeren Fenstern
- Alternativ könnten wir für jeden Knopf eine eigene Listener-Klasse implementieren und registrieren
  - viele Klassen, viel Schreibarbeit, ...
- Lösung: Verwendung **anonymer Klassen**
  - sie erlauben es, für jedes GUI-Element eine eigene `actionPerformed()`-Methode zu programmieren

5.4.5 Ereignisbehandlung in Java ...

Anonyme Klassen

- Anonyme Klassen sind Klassen ohne Namen
- Sie sind ein Spezialfall innerer Klassen
- Sie besitzen keinen Konstruktor, können aber den Konstruktor ihrer Oberklasse mit Parametern aufrufen
- Sie werden in einer new-Anweisung definiert, die gleichzeitig das einzige Element der Klasse erzeugt
- Sie können auch Schnittstellen implementieren:

```
new <InterfaceName>() { <MethodenImplementierungen> }
```

  - kein `implements` ...
- Anwendung für einfache Aufgaben (bis ca. 5 Anweisungen), die ein einzelnes Objekt lösen kann

5.4.5 Ereignisbehandlung in Java ...

GUI-Beispiel mit anonymen Klassen

```
class Bsp3GUI extends JFrame {
   ...
   private JTextArea aus; // ist von innerer Klasse aus zugreifbar!

   public Bsp3GUI() {
        ...
        JButton button1 = new JButton("Alles ausgeben");
        // Erzeuge/registriere Objekt, das ActionListener
   implementiert
        button1.addActionListener(new ActionListener() {
        // Implementierung der Schnittstelle
        public void actionPerformed(ActionEvent e) {
                aus.append("Ausgabeknopf gedrueckt\n");
        }
   });
   ...
```

5.4.5 Ereignisbehandlung in Java ...

Anomyme Klassen ...

- Die Anweisung

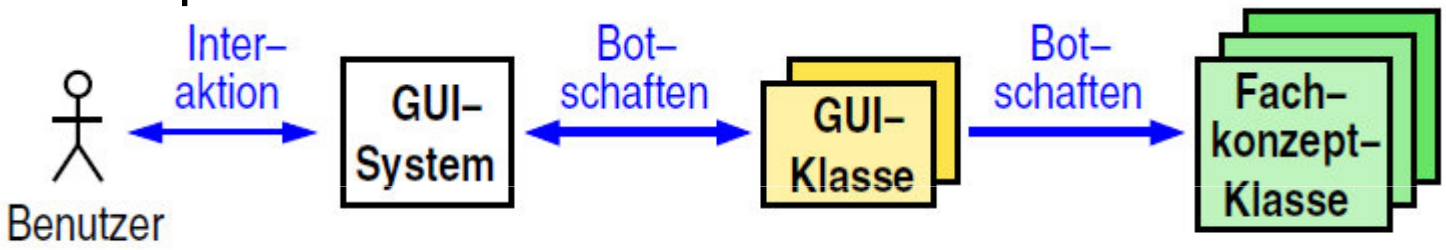
```
button1.addActionListener(new ActionListener() {
   public void actionPerformed(ActionEvent e) {
      aus.append("Ausgabeknopf gedrueckt\n");
   }
});
```

ist gleichbedeutend mit

```
class Listen1 implements ActionListener {
    public void actionPerformed(ActionEvent e) {
       aus.append("Ausgabeknopf gedrueckt\n");
    }
}
button1.addActionListener(new Listen1());
```

5.4.6 Anbindung des Fachkonzepts

- Grundlegendes Prinzip beim Software-Entwurf: klare Trennung zwischen Benutzungsoberfläche und Fachkonzept



- GUI-Klassen senden Botschaften an die Fachkonzept-Klassen
- Die Fachkonzept-Klassen kennen die GUI-Klassen nicht
  - d.h., sie senden keine Botschaften an die GUI-Klassen
  - sichert Wiederverwendbarkeit des Fachkonzepts

5.4.6 Anbindung des Fachkonzepts ...

Technisches Vorgehen

- Die `main()`-Methode erzeugt das Fachkonzept und das GUI
  - der Konstruktor des GUI erhält eine Referenz auf das Fachkonzept als Parameter
- GUI-Klassen speichern eine Referenz auf das Fachkonzept
- GUI-Klassen rufen Methoden des Fachkonzepts auf
- Fehlerbehandlung:
  - Fachkonzept-Klassen melden Fehler über Exceptions oder Rückgabewerte
    - GUI-Klassen erzeugen Informations-Dialog für Benutzer
  - alternativ: Verwendung des Delegationsmodells bzw. Beobachtermusters (=> 6.4)

5.4.6 Anbindung des Fachkonzepts ...

GUI-Beispiel mit Fachkonzept (=> WWW: `Bsp4GUI.java`)

```
class Bsp4GUI extends JFrame {
   ...
   private Personen personen; // Referenz auf Fachkonzept
   public Bsp4GUI(Personen pers) {
        super("GUI Beispiel");
        personen = pers; // Fachkonzept-Objekt merken
        ...
        JButton button1 = new JButton("Alles ausgeben");
        button1.addActionListener(new ActionListener() {
           public void actionPerformed(ActionEvent e) {
                // Aufruf einer Operation des Fachkonzepts
                aus.append(personen.toString());
           }
        });
```

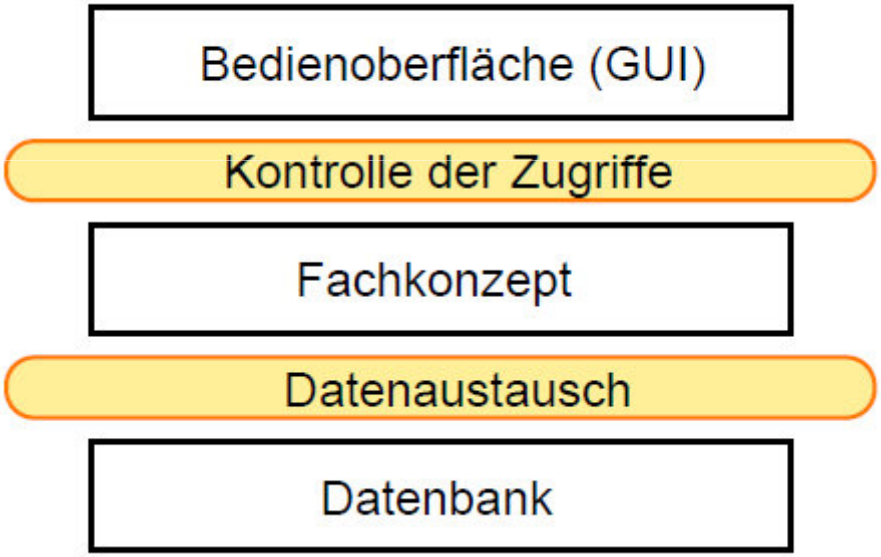
5.4.6 Anbindung des Fachkonzepts ...

```
        ...
        // Knopf "Neue Adresse"
        personen.add(ein1.getText(), ein2.getText());
        ...
        // Knopf "Eintrag loeschen"
        personen.delete(ein1.getText());
        ...
    }
    public static void main(String args[]) {
        Personen pers = new Personen(); // Fachkonzept erzeugen
        Bsp4GUI gui = new Bsp4GUI(pers); // und an GUI uebergeben
        ...
    }
}
```

5.4.6 Anbindung des Fachkonzepts ...

Drei-Schichten-Architektur

- Gängigste Software-Architektur bei kaufmännischen und administrativen Anwendungen
  - trennt GUI, Fachkonzept und persistente Datenhaltung

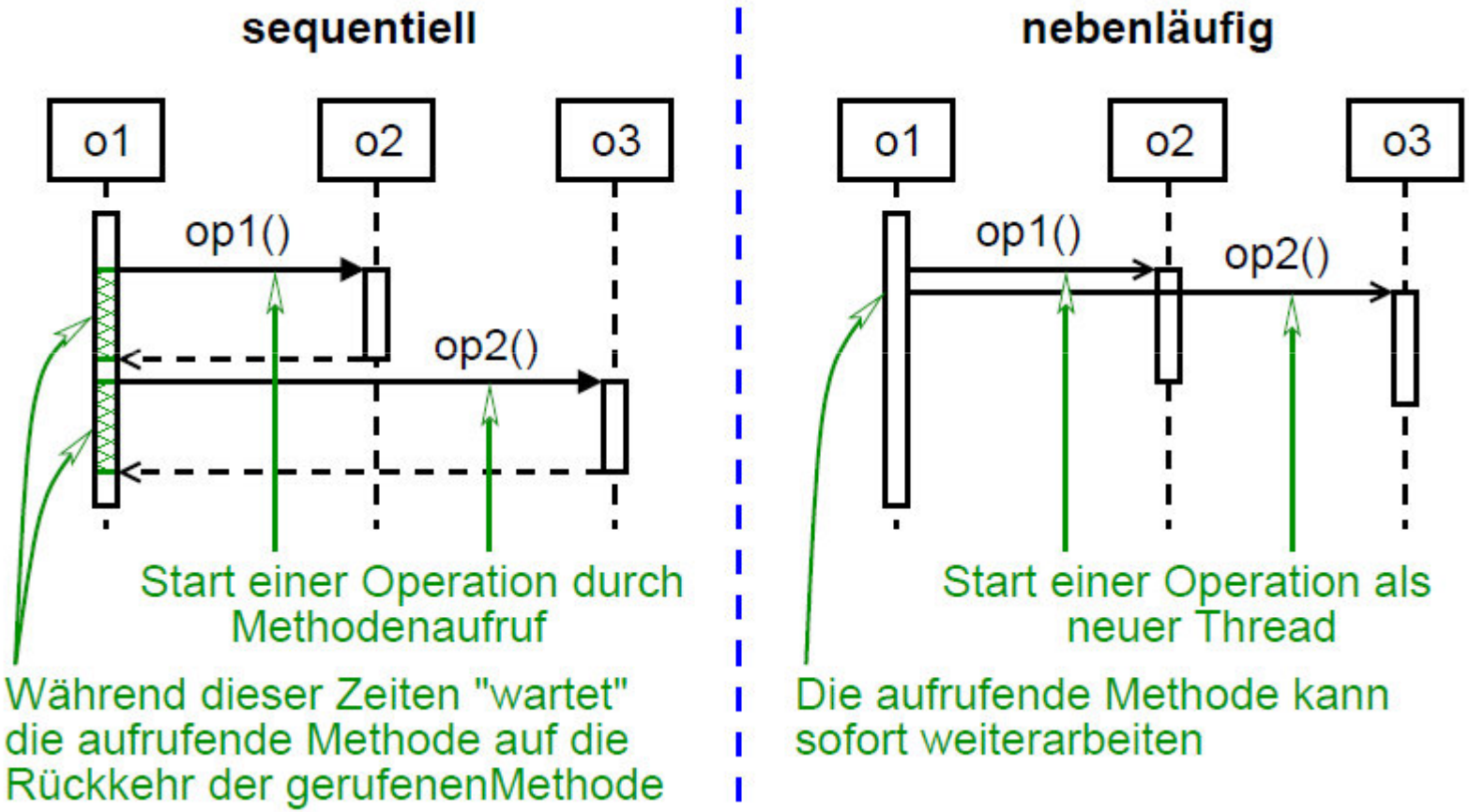


  - Schichten ggf. auch auf mehrere Rechner verteilt

5.5 Threads

- Unsere bisherigen Programme arbeiteten rein sequentiell
  - die Anweisungen wurden eine nach der anderen ausgeführt
- Manchmal sollte ein Programm aber auch nebenläufig arbeiten können, d.h. mehrere Dinge (scheinbar) gleichzeitig tun, z.B.:
  - Ausgabe von Bild und Ton einer Multimedia-Anwendung
  - gleichzeitige Darstellung mehrerer Animationen
  - Bearbeitung längerer Aufgaben (z.B. Drucken) im ”Hintergrund“, während mit dem Programm weitergearbeitet wird
- Ein Thread ist eine Aktivität (d.h. Ausführung von Programmcode), die nebenläufig zu anderen Aktivitäten ausgeführt wird
  - alle Threads einer Programmausführung arbeiten dabei auf denselben Daten

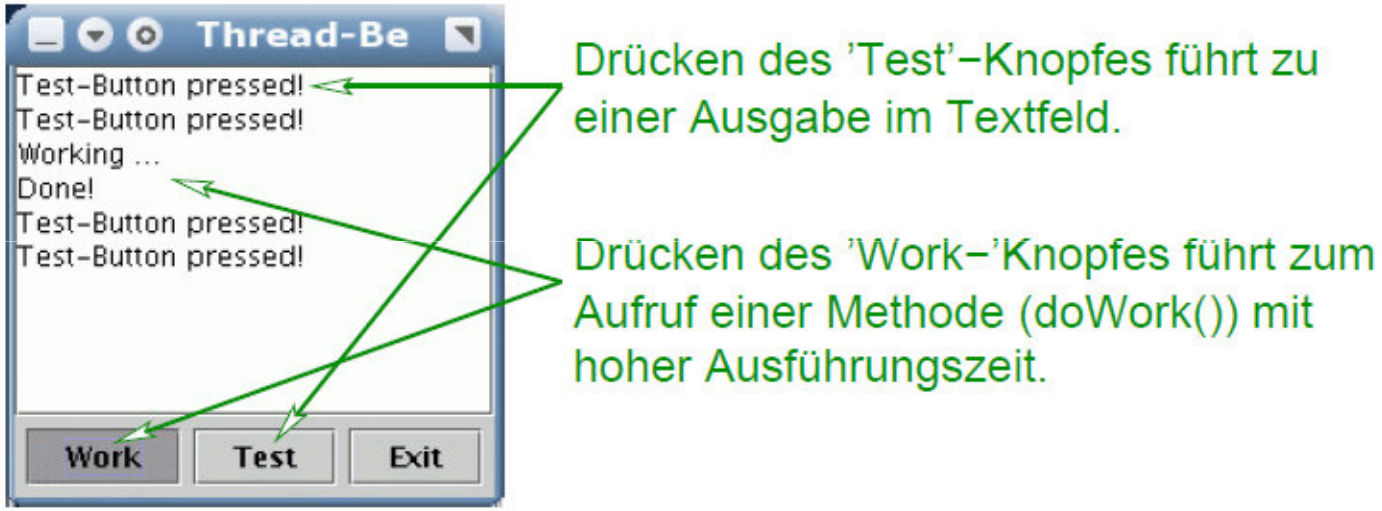
Sequentielles vs. nebenläufiges Programm



5.5 Threads ...

Beispiel zur Motivation (=> WWW: `ThreadEx1.java`)

- GUI mit einer Funktion, die eine längere Bearbeitungszeit hat, z.B. Drucken eines Dokuments



- Während der Ausführung der Methode reagiert das Programm nicht auf Benutzereingaben (z.B. die anderen Knöpfe)

5.5 Threads ...

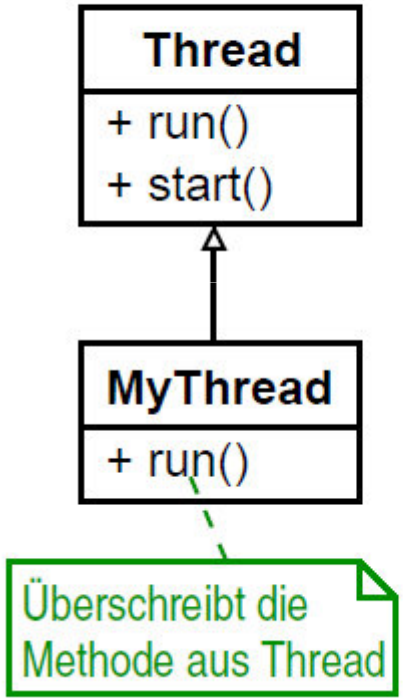
Threads in Java

- Ein Java-Programm startet immer mit genau einem Thread (`main`-Thread), der die Methode `main()` abarbeitet
- Für weitere Threads steht die Klasse `Thread` zur Verfügung
  - von dieser Klasse muß eine Unterklasse definiert werden
- Die wichtigste Operationen von `Thread` sind:
  - `void run()`: wird beim Start des Threads ausgeführt
    - muß in der Unterklasse überschrieben werden
      - mit dem Code, den der Thread ausführen soll
    - der Thread endet, wenn `run()` zurückkehrt
  - `void start()`: startet den Thread
    - `start()` kehrt sofort zum Aufrufer zurück
    - der Thread führt nebenläufig seine `run()`-Methode aus

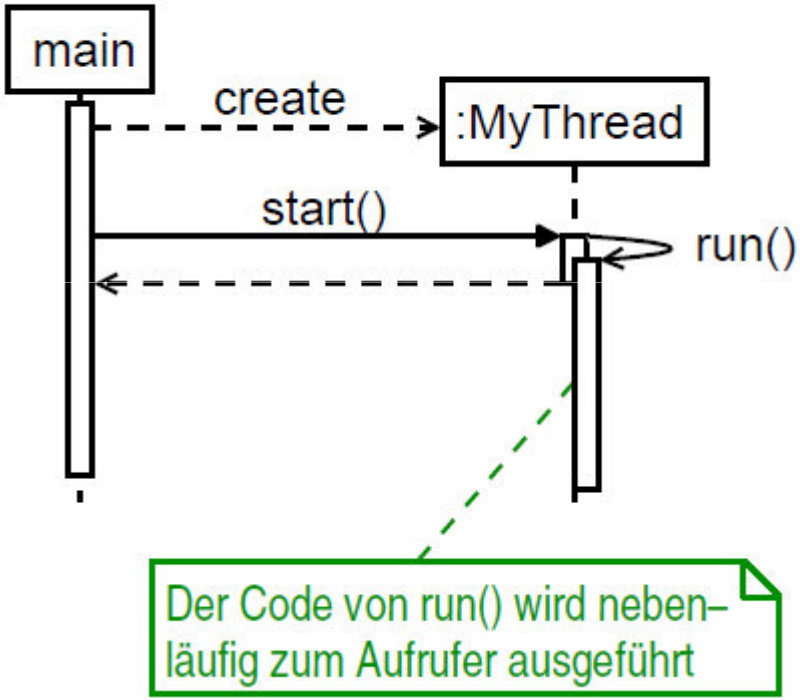
5.5 Threads ...

Threads in Java …

Klassendiagramm



Sequenzdiagramm



Beispiel: Berechnung im Hintergrund

```
class WorkThread extends Thread {
   private JTextArea aus; // Fuer die Ausgabe der Meldungen
   WorkThread(JTextArea t) { aus = t; }
   // Beim Start des Threads nebenlaeufig zum Aufrufer
   ausgefuehrt
   public void run() {
        aus.append("Working ...\n");
        double v = 1.000000001;
        // Schleife simuliert komplexe Berechung ...
        for (int i=0; i<5000000; i++) { v = v*v; }
        aus.append("Done!\n");
   }
}
```

5.5 Threads ...

Beispiel: Berechnung im Hintergrund ...

```
private void doWork() {
   // Erzeuge ein neues Thread-Objekt
   Thread t = new WorkThread(aus);
   // Fuehre die run-Methode des Objekts in einem neuen Thread
   aus
   t.start();
}
```

- Drücken des ”Work“-Knopfes blockiert GUI nicht mehr
  - aber: mehrfaches Drücken startet mehrere nebenläufige Berechungen!

5.5 Threads ...

Synchronisation von Threads

- Eine Hintergrund-Berechnung wie im Beispiel ist nur möglich, wenn das Ergebnis nicht zum Weiterarbeiten benötigt wird
- Andernfalls kann mit der Methode `join()` auf das Ende des Threads gewartet werden, wenn das Ergebnis gebraucht wird
  - dieses kann / muß in Attributen des Thread-Objekts gespeichert werden
- In vielen Fällen ist auch eine weitergehende Synchronisation der Threads erforderlich (+ Vorlesung ”Betriebssysteme I“):
  - wechselseitiger Ausschluß von Methoden
    - verhindert gleichzeitige Ausführung durch mehrere Threads
  - Warten auf Ereignisse, die andere Threads auslösen

5.5 Threads ...

Beispiel: Bankkonto

```
class Konto {
   ...
   public boolean abheben(double betrag) {
        double neuerSaldo = getSaldo() - betrag;
        boolean ok = true;
        if (neuerSaldo < 0) {
           // Bei Ueberziehung: Anfrage an Schufa
           // (ueber Netzwerk)
           ok = frageSchufa(neuerSaldo); // kann dauern ...
        }
        if (ok)
           putSaldo(neuerSaldo); // Buchung durchfuehren
        return ok;
   }
}
```

5.5 Threads ...

```
public class Banking extends Thread {
   Konto konto; // Eingabedaten fuer den Thread
   double betrag; // - " -
   Banking(Konto k, double b) { konto = k; betrag = b; }
   public void run() {
        konto.abheben(betrag);
        System.out.println("Kontostand: " + konto.putSaldo());
   }
   public static void main(String args[]) {
        Konto konto = new Konto(10); // Konto mit 10 EUR
        for (int i=0; i<3; i++) { // dreimal 10 EUR abheben
               Banking t = new Banking(konto, 10);
               t.start();
        }
   }
}
```

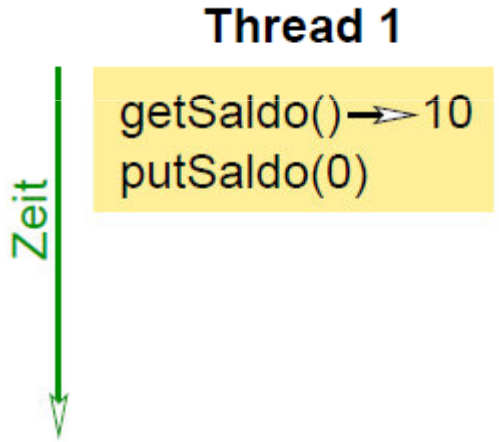
5.5 Threads ...

Beispiel: Bankkonto ...

- Ausgabe:

```
Kontostand: 0.0
Kontostand: -10.0    //Warum kommt hier zweimal
Kontostand: -10.0    //derselbe Kontostand??
```

- Problem: zeitliche Verzahnung in `abheben()`:



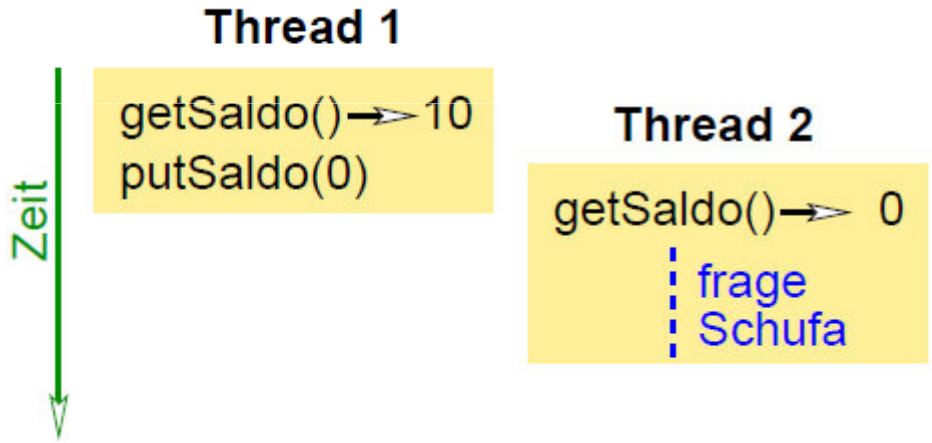
5.5 Threads ...

Beispiel: Bankkonto ...

- Ausgabe:

```
Kontostand: 0.0
Kontostand: -10.0    //Warum kommt hier zweimal
Kontostand: -10.0    //derselbe Kontostand??
```

- Problem: zeitliche Verzahnung in `abheben()`:



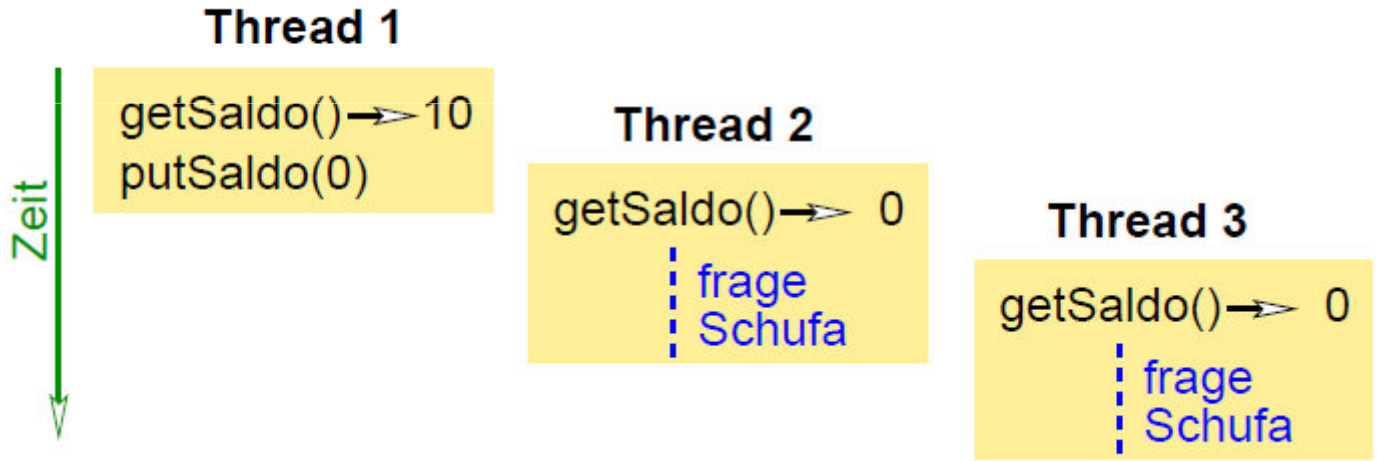
5.5 Threads ...

Beispiel: Bankkonto ...

- Ausgabe:

```
Kontostand: 0.0
Kontostand: -10.0    //Warum kommt hier zweimal
Kontostand: -10.0    //derselbe Kontostand??
```

- Problem: zeitliche Verzahnung in `abheben()`:



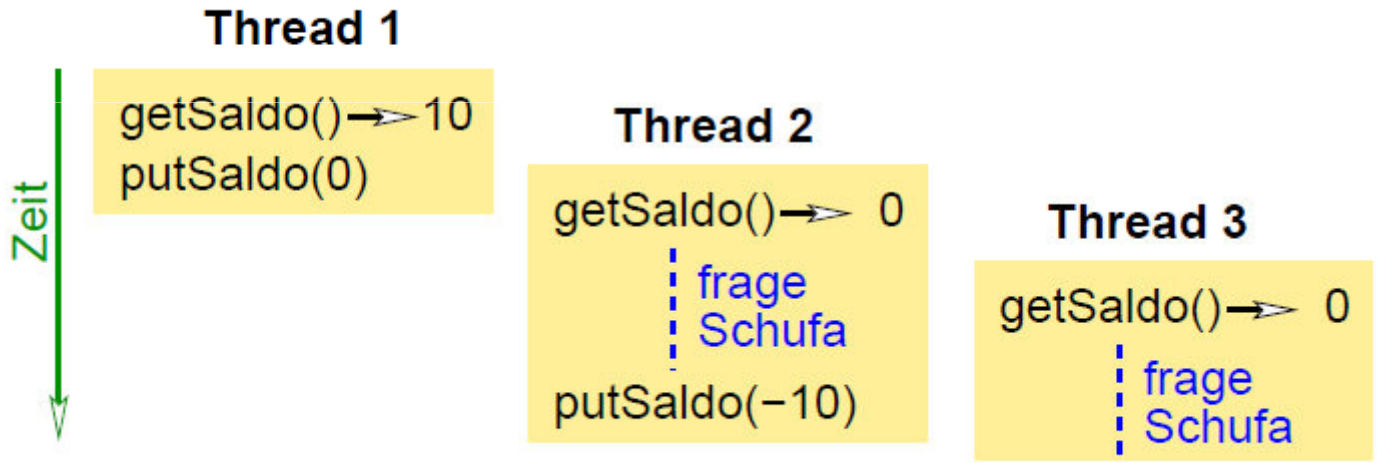
5.5 Threads ...

Beispiel: Bankkonto ...

- Ausgabe:

```
Kontostand: 0.0
Kontostand: -10.0    //Warum kommt hier zweimal
Kontostand: -10.0    //derselbe Kontostand??
```

- Problem: zeitliche Verzahnung in `abheben()`:



5.5 Threads ...

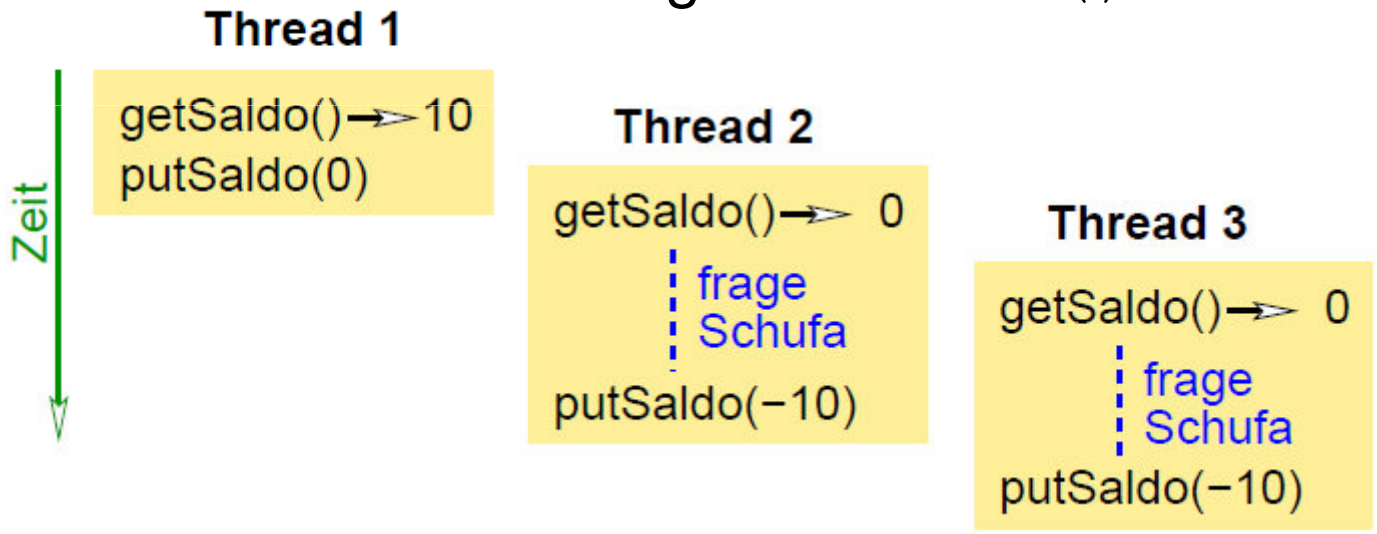
Beispiel: Bankkonto ...

- Ausgabe:

```
Kontostand: 0.0
Kontostand: -10.0    //Warum kommt hier zweimal

Kontostand: -10.0    //derselbe Kontostand??
```

- Problem: zeitliche Verzahnung in `abheben()`:



- Lösung: wechselseitiger Ausschluß für `abheben()`!

5.6 Applets (+ WWW: `AppletBsp.java`, `AppletBsp.html`)

- Java Applets sind Java-Anwendungen, die innerhalb eines WWW-Browsers laufen
  - sie werden normalerweise in HTML-Seiten eingebunden
  - der Code der Klassen wird über das Netz vom WWW-Server geladen (keine lokale Installation erforderlich)
  - sie laufen in einer eingeschränkten Ausführungsumgebung
    - z.B. keine Zugriffe auf Dateisystem möglich
- Sie erben von `java.applet.Applet` bzw. `javax.swing.JApplet`
  - i.d.R. mit Überschreiben der Methode public void init()
    - wird beim Laden des Applets aufgerufen
- `JApplet` stellt ein Fenster bereit, das ähnlich aufgebaut ist wie `JFrame`, aber innerhalb des WWW-Browsers angezeigt wird