



Objektorientierte und Funktionale Programmierung

SS 2013

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`: Netzwirkommunikation
 - `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

Datensatz 1				
Datensatz 2				
Datensatz 3				
⋮				

- 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

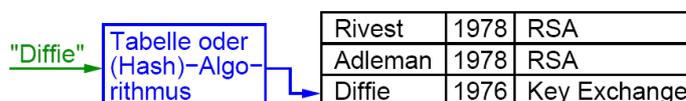
- das Dateifenster kann z.T. auch direkt positioniert werden

5.2.1 Die Datenstruktur "Datei" (file) ...



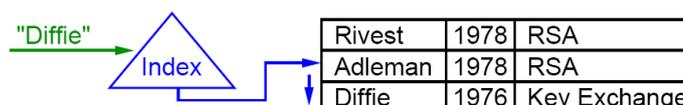
➤ Direkte Datei

- 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) ...



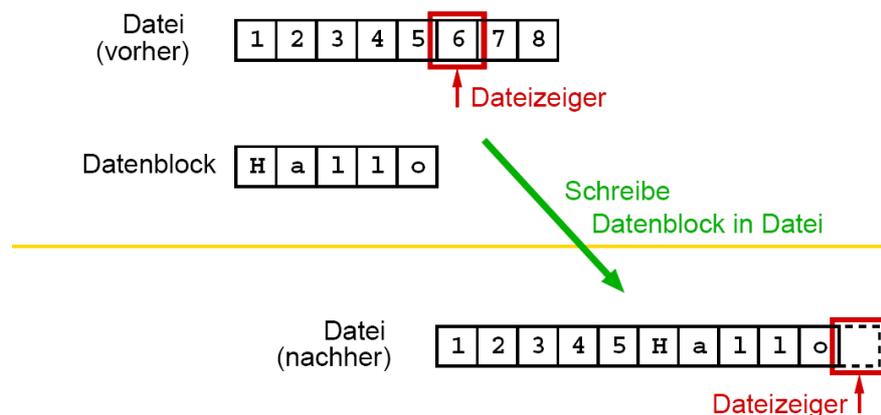
Das Dateimodell von Java

- 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*) ...



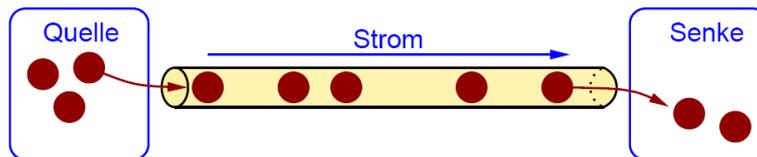
- **Lesen (*read*)** eines Datenblocks
 - die Daten ab dem Dateizeiger werden in eine Variable (z.B. Byte-Array) kopiert
 - Dateizeiger wird entsprechend weiterbewegt
- **Schreiben (*write*)** eines Datenblocks
 - Inhalt einer Variable (z.B. Byte-Array) wird ab dem Dateizeiger in die Datei kopiert (ggf. 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 Dateien, Ströme und Serialisierung ...



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

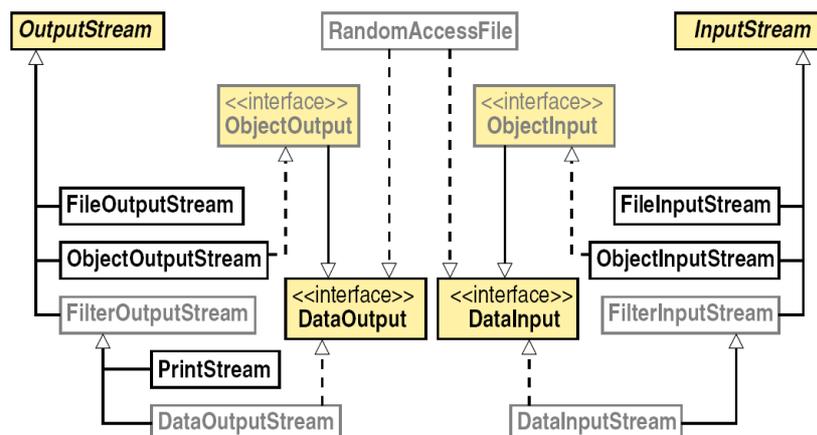


- Ströme sind i.d.R. unidirektional (entweder Ein- oder Ausgabe)
- ein Strom puffert die Daten so lange, bis sie von der Senke entnommen werden (Warteschlange)

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*) ...



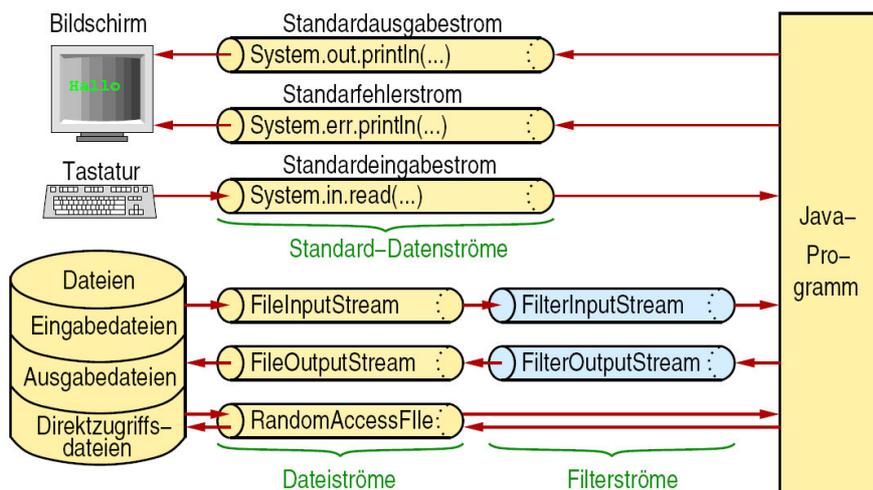
Standard-Datenströme

- 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 Dateien, Ströme und Serialisierung ...



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 ...



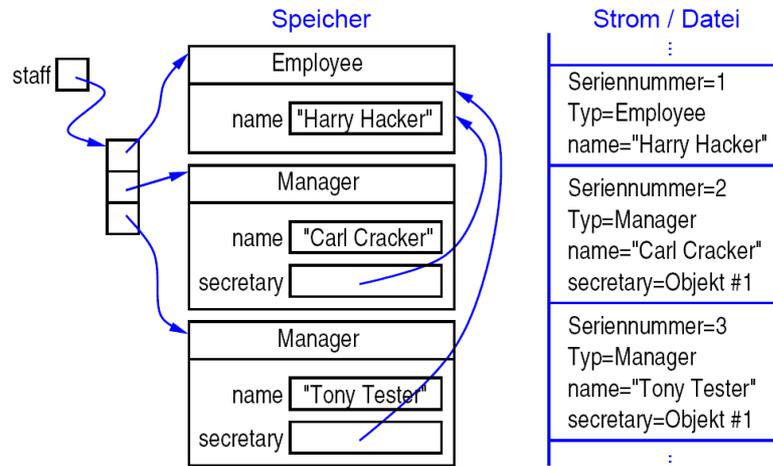
Was geschieht bei der Serialisierung eines Objekts / Arrays?

- 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 ...



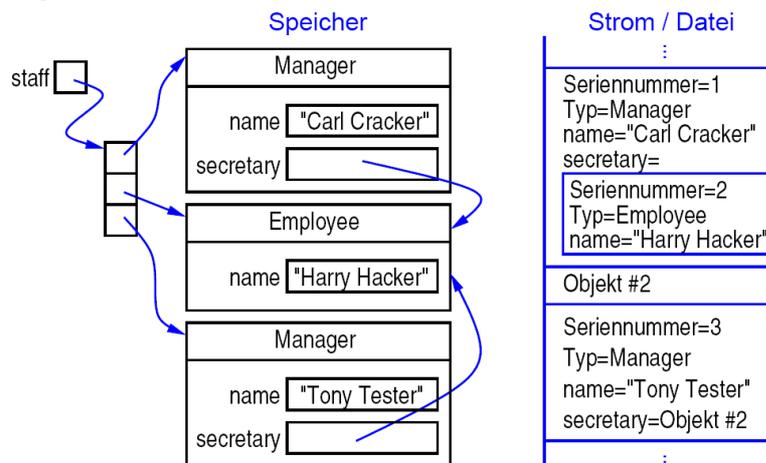
Beispiel



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 ...

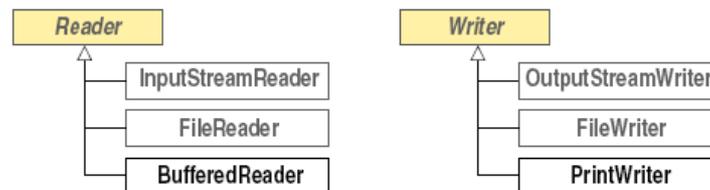
```
ObjectInputStream ois = null;
try {
    ois = new ObjectInputStream(
        new FileInputStream("out.ser"));
    // Objekte von Datei einlesen und Typ umwandeln
    Student s1 = (Student) ois.readObject();
    Student s2 = (Student) ois.readObject();
    System.out.println(s1);
    System.out.println(s2);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

5.2 Dateien, Ströme und Serialisierung ...



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.:

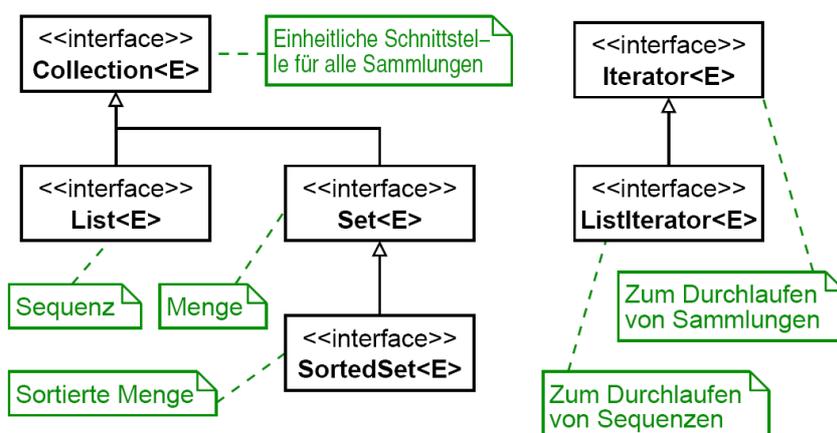
```
public class GenClass<T> {
    T attribute;
    public void set(T val) { attribute = val; }
}
```
- Bei Verwendung der Klasse muß dann ein konkreter Typ als aktueller Parameter angegeben werden
 - z.B.:

```
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;

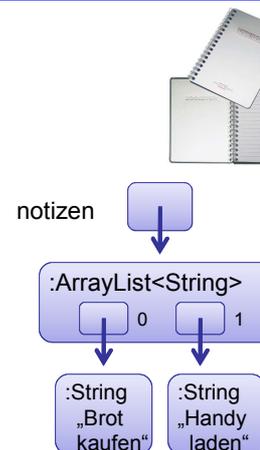
    //Initialisierung
    public Notizbuch() {
        notizen = new ArrayList<String>(); }

    //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!

5.3.1 Collections (Sammlungen) ...



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

5.3.1 Collections (Sammlungen) ...



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);
}
```

5.3.1 Collections (Sammlungen) ...



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, Fritz, 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 Das Java Collection Framework ...



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

Klasse	Schnittstelle			
	Collection	List	Set	SortedSet
<code>ArrayList</code>	X	X		
<code>Vector</code>	X	X		
<code>LinkedList</code>	X	X		
<code>TreeSet</code>	X		X	X
<code>HashSet</code>	X		X	
<code>BitSet</code>				

5.3.2 Implementierung von Sammlungen ...



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

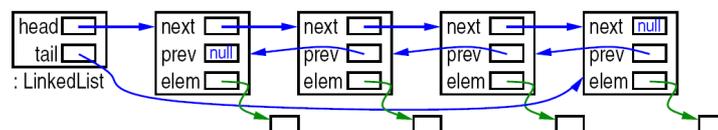
- Realisiert die Sequenz durch ein Array von Objekt-Referenzen
 - das Array ist immer groß genug, um alle Elemente zu halten
 - seine Größe (*capacity*) wird bei `add()` usw. automatisch angepasst, falls erforderlich
 - Kopie des Arrays in ein größeres Array
 - neues Array i.a. größer als nötig, um häufiges 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

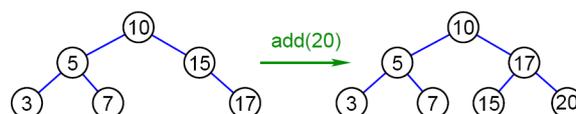
```
class Auftragsbearbeitung {
    private LinkedList<Auftrag> auftragsListe =
        new LinkedList<Auftrag>();
    public void auftragAnnehmen(Auftrag a) {
        auftragsListe.addLast(a);
    }
    public void naechstenAuftragBearbeiten() {
        Auftrag a = auftragsListe.removeFirst();
    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

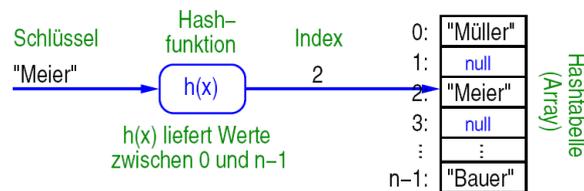
- Konstruktoren:
 - TreeSet ()
 - Menge nach "natürlicher" Ordnung der Elemente geordnet
 - d.h. Methode compareTo () der Elemente
 - TreeSet (Comparator<E> c)
 - Ordnung in der Menge wird durch compare ()-Methode von c festgelegt

5.3.2 Implementierung von Sammlungen ...



Die Klasse HashSet

- Realisierung durch Hashtabelle (=> EI_I, 14.5)



- Idee des *Hashing*:
 - wähle Hashfunktion, z.B. $h(x) = x \bmod n$, 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

Klasse	Ausführungszeit				Durchlaufreihenfolge
	add()	remove()	get()	contains()	
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 Das Java Collection Framework ...



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 EI II 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:

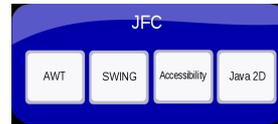
<http://www.dpunkt.de/java/>

5.4 GUI-Programmierung ...



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

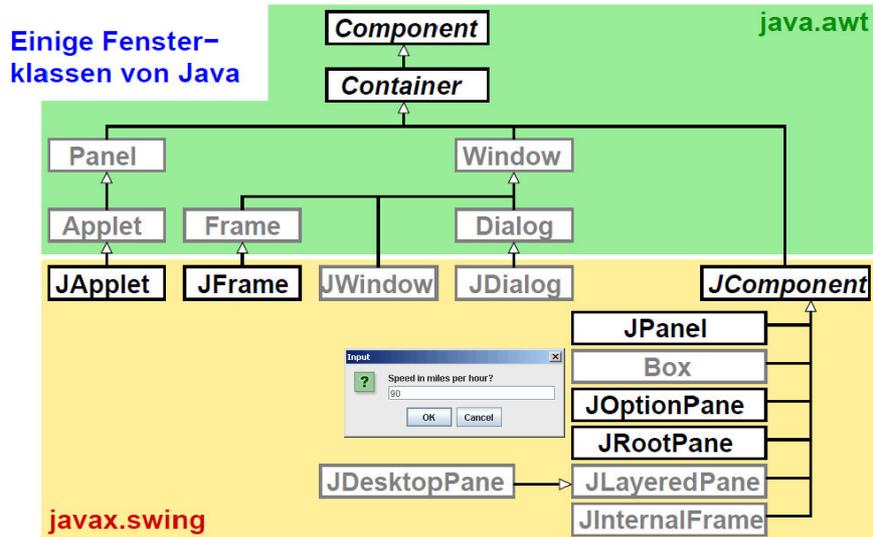
5.4 GUI-Programmierung ...



5.4.1 Fenster

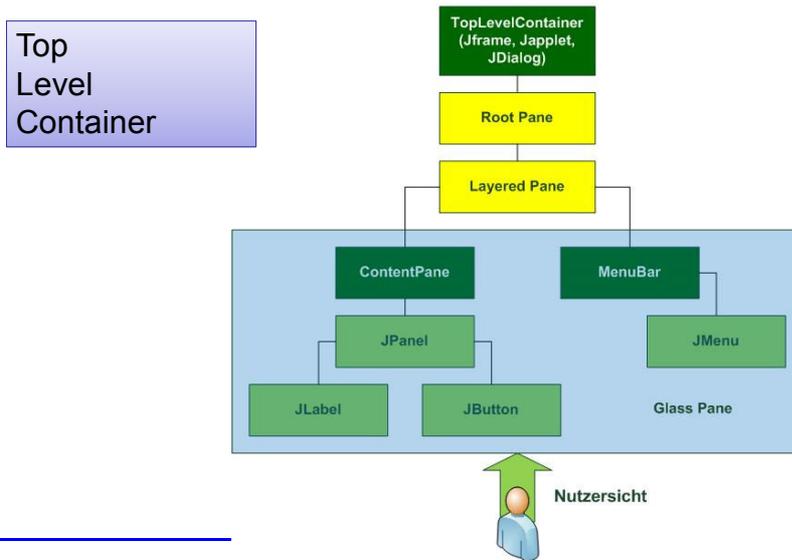
- Zur Realisierung von **Dialogen**: Interaktion zwischen Benutzer und System
 - Anwendungsfenster, ggf. mit Unterfenstern, für **Primärdialog**
 - dient der direkten Aufgabenerfüllung
 - wird erst geschlossen, wenn die Aufgabe (d.h. meist: das Programm) beendet wird
 - Dialogfenster / Mitteilungsfenster 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 ...



5.4.1 Fenster ...

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

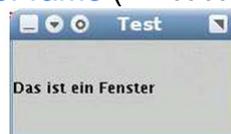


5.4.1 Fenster ...



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

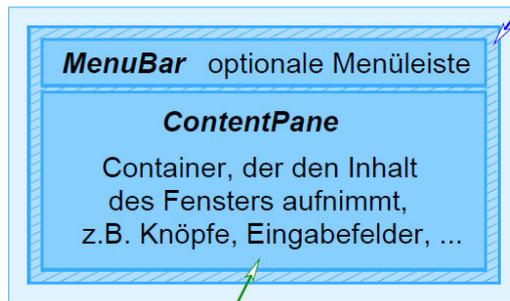
// Programm beenden, wenn Fenster geschlossen wird
win.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
win.pack() // Fenster arrangiert eingefügte Komponente
win.setVisible(true); // Fenster auf Bildschirm darstellen
```

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 mehrere hintereinander liegende Schichten, z.B. für Unterfenster

GlassPane

- liegt unsichtbar über den anderen `Panes`
- verwaltet Mausereignisse

```
win.getContentPane().add(...)
```

5.4.1 Fenster ...

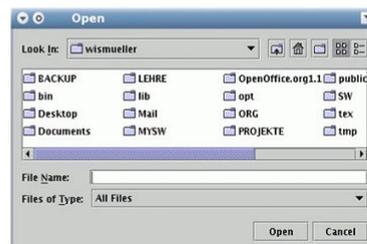


Modale Dialogfenster (exklusiv zu bedienendes Fenster)

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



- `JFileChooser`: Dialog zur Dateiauswahl

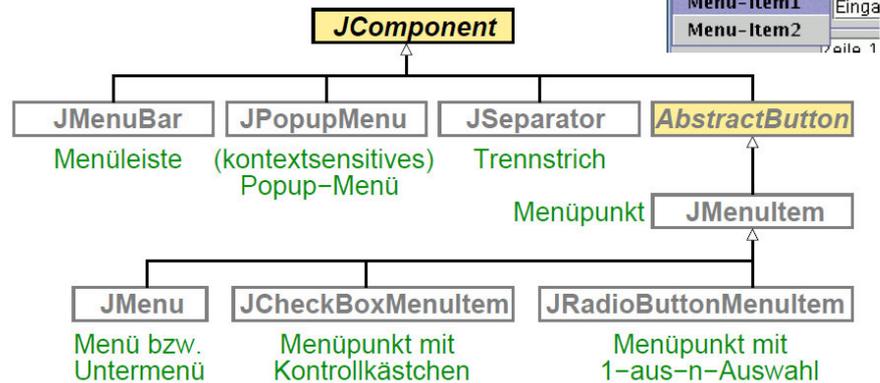


5.4 GUI-Programmierung ...



5.4.2 Interaktionselemente

Menüs: `JMenuBar`, `JMenu`, `JMenuItem`



5.4.2 Interaktionselemente ...



Druckknopf (Schaltfläche): `JButton`

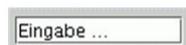
- Zum Auslösen von Aktionen durch den Benutzer



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

Textfeld (Eingabefeld): `JTextField`

- Zur Eingabe von Texten oder numerischen Daten in einer Zeile



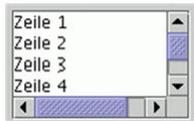
```
JTextField tf = new JTextField  
("Eingabe ...", 10);
```

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

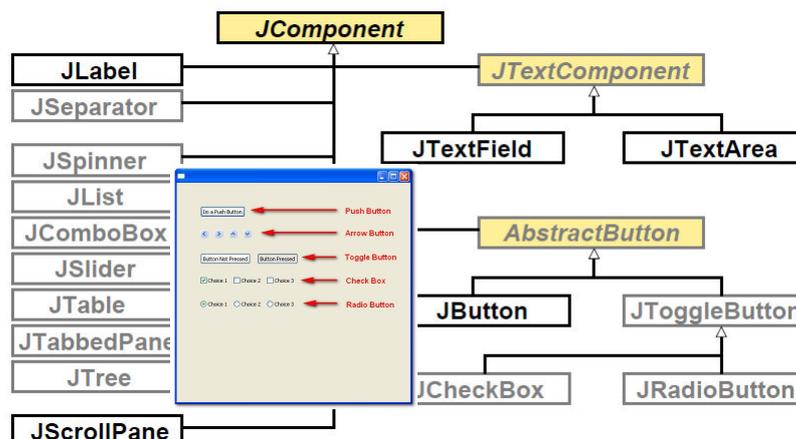


```
JTextArea ta = new JTextArea(4,10);
ta.append("Zeile 1\nZeile 2\n" +
        "Zeile 3\nZeile 4");
win.getContentPane().add(
    new JScrollPane(ta));
```

5.4.2 Interaktionselemente ...



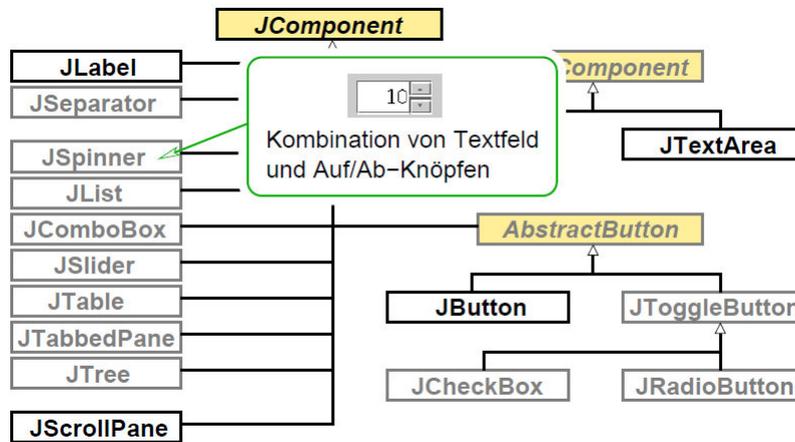
Hierarchie einiger Swing-Klassen für Interaktionselemente



5.4.2 Interaktionselemente ...



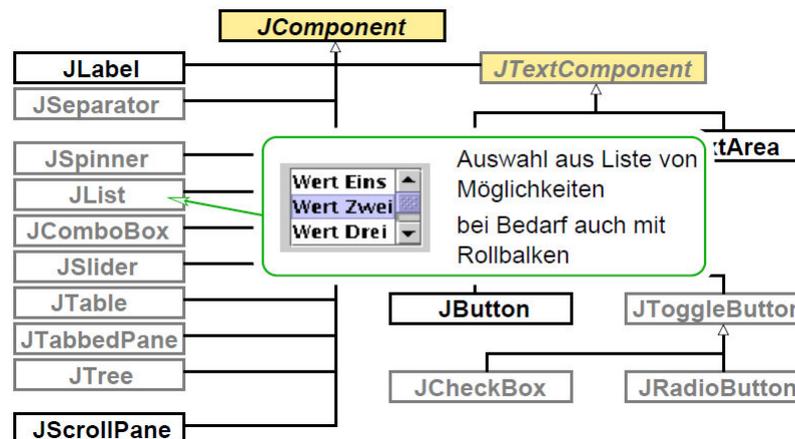
Hierarchie einiger Swing-Klassen für Interaktionselemente



5.4.2 Interaktionselemente ...



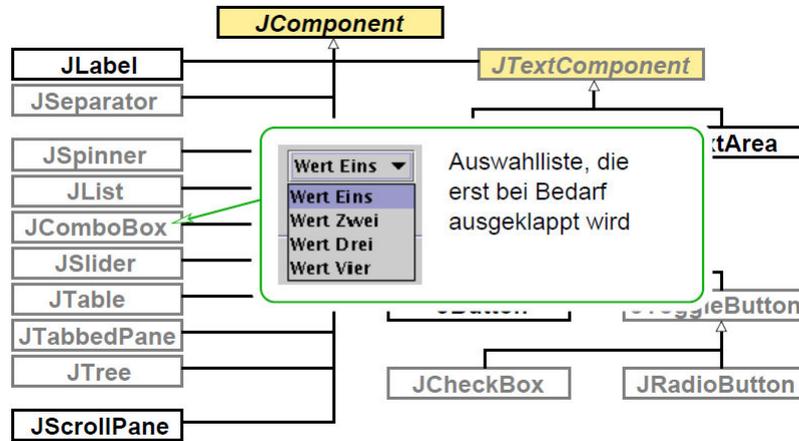
Hierarchie einiger Swing-Klassen für Interaktionselemente



5.4.2 Interaktionselemente ...



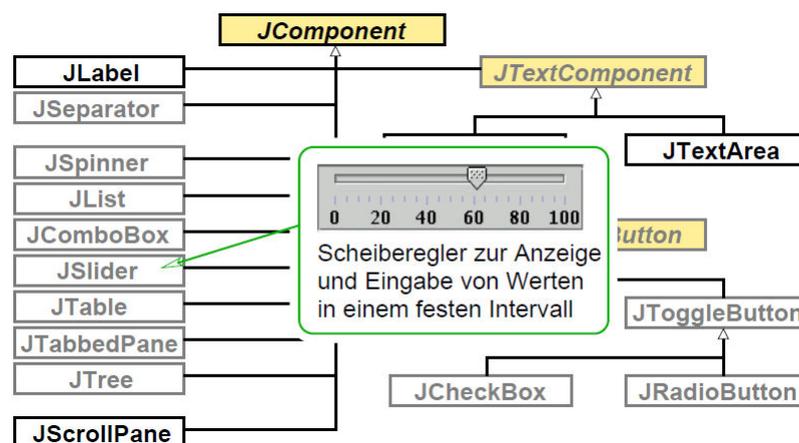
Hierarchie einiger Swing-Klassen für Interaktionselemente



5.4.2 Interaktionselemente ...



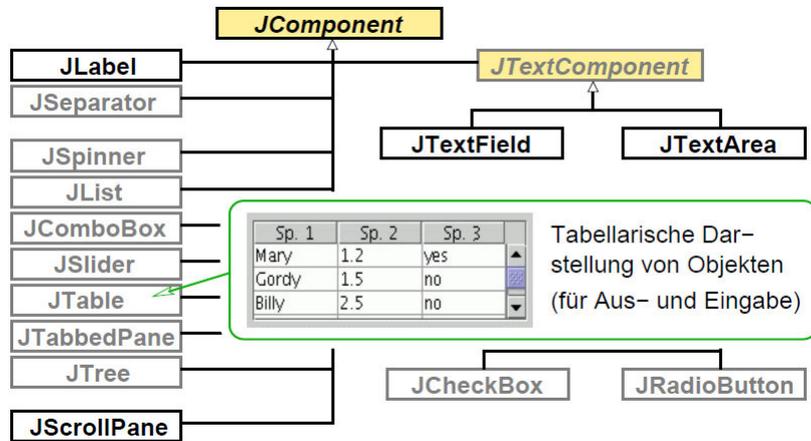
Hierarchie einiger Swing-Klassen für Interaktionselemente



5.4.2 Interaktionselemente ...



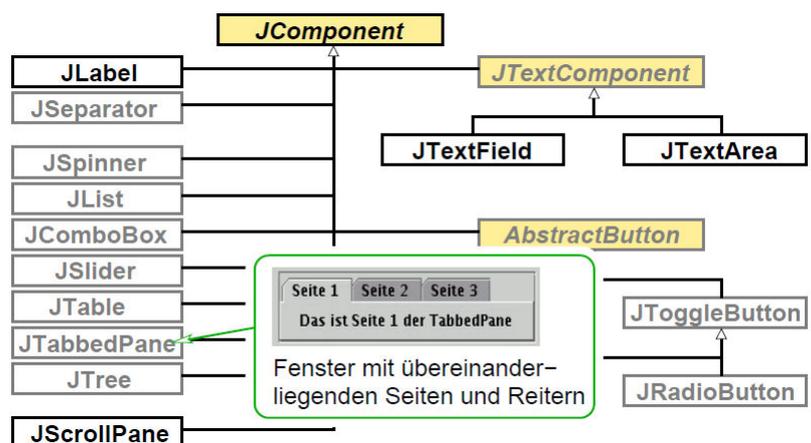
Hierarchie einiger Swing-Klassen für Interaktionselemente



5.4.2 Interaktionselemente ...



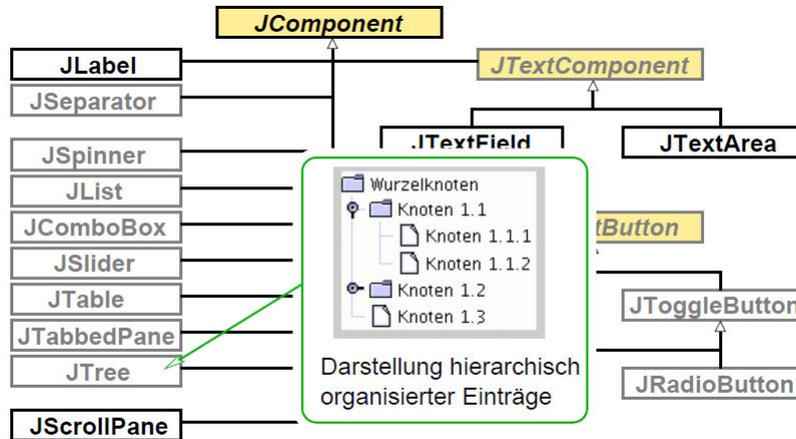
Hierarchie einiger Swing-Klassen für Interaktionselemente



5.4.2 Interaktionselemente ...



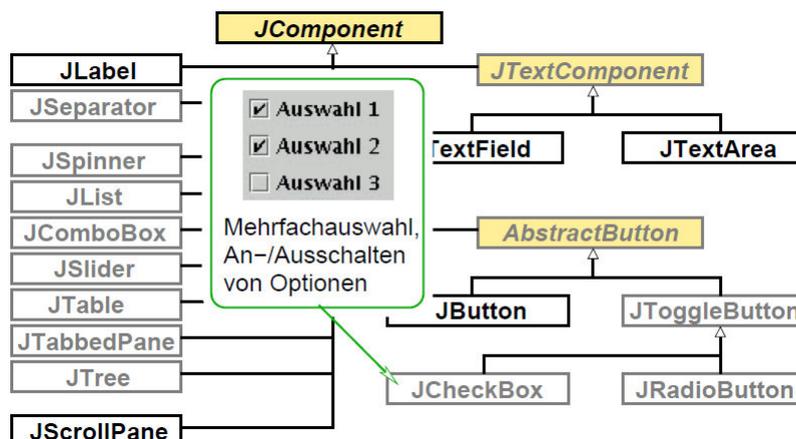
Hierarchie einiger Swing-Klassen für Interaktionselemente



5.4.2 Interaktionselemente ...



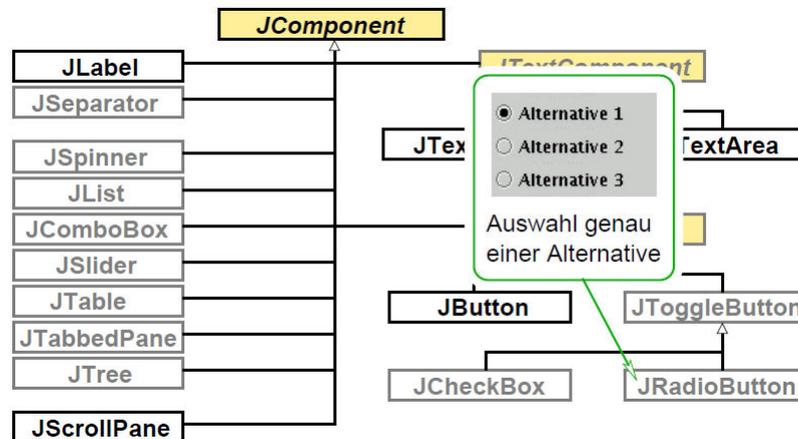
Hierarchie einiger Swing-Klassen für Interaktionselemente



5.4.2 Interaktionselemente ...



Hierarchie einiger Swing-Klassen für Interaktionselemente

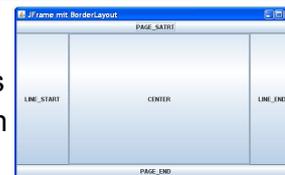


5.4 GUI-Programmierung ...



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

- Beliebige 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);
```

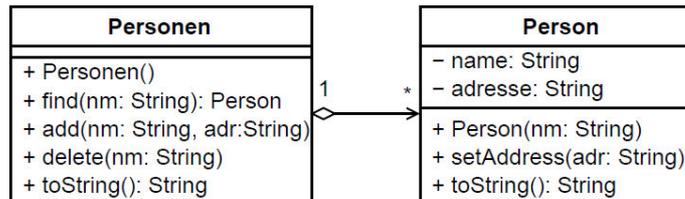
- Einem JPanel-Objekt kann bei der Erzeugung auch ein anderer Layout-Manager übergeben werden
- JPanel-Objekte können beliebig verschachtelt werden

5.4 GUI-Programmierung ...



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 ...



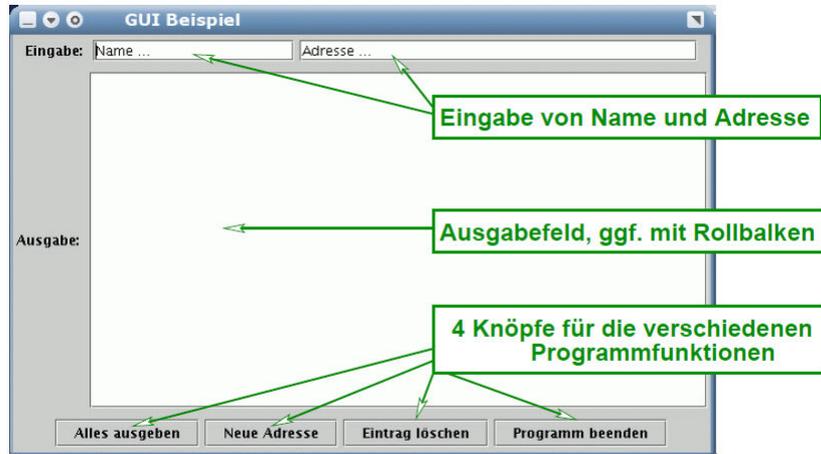
Anforderungen an die Bedienoberfläche

- 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:
 - Personennamen sind 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 ...



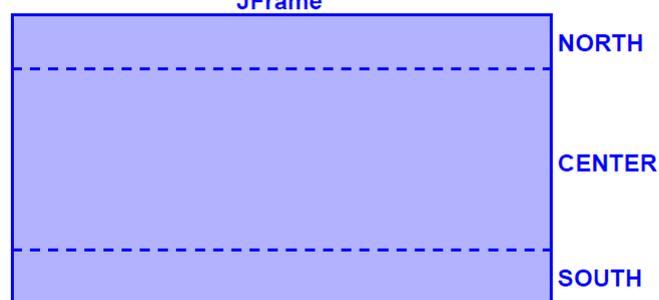
Entwurf des Anwendungsfensters



5.4.4 Ein Beispiel ...



Aufbau des Anwendungsfensters

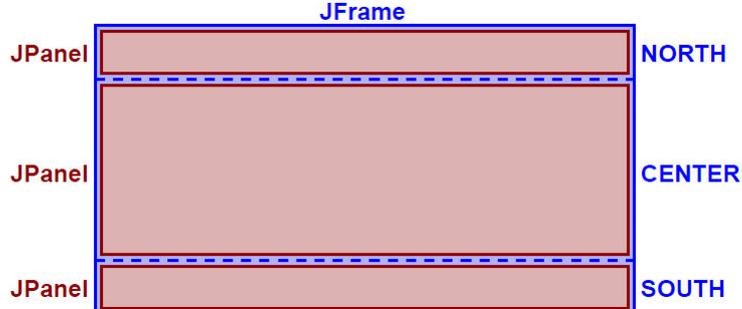


- JFrame-Fenster mit drei Bereichen: NORTH, CENTER, SOUTH

5.4.4 Ein Beispiel ...



Aufbau des Anwendungsfensters

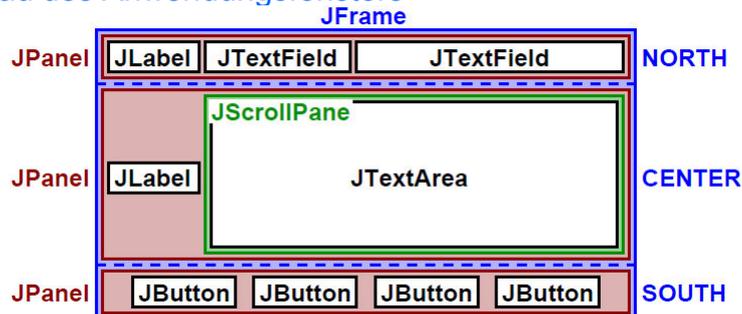


- JFrame-Fenster mit drei Bereichen: NORTH, CENTER, SOUTH
- In jedem Bereich ein JPanel zur Aufnahme mehrerer Elemente

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

    public BsplGUI() {
        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 GUI-Programmierung ...



5.4.5 Ereignisbehandlung in Java

- Ereignisse werden in Swing /AWT nach dem **Delegationsmodell** 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

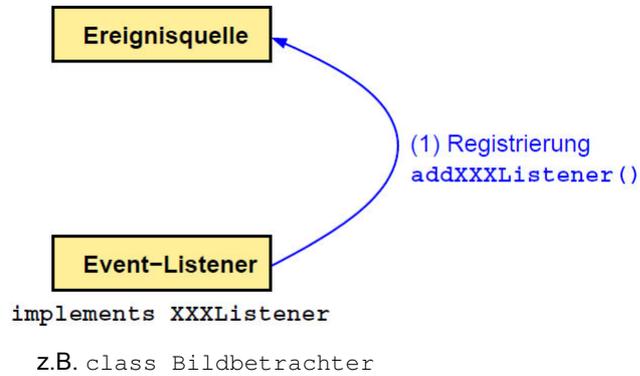
Event-Listener

`implements XXXListener`

5.4.5 Ereignisbehandlung in Java ...



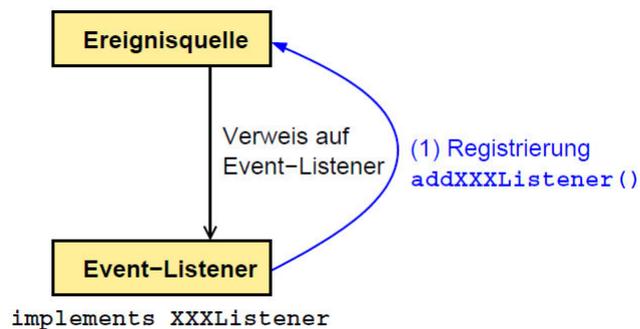
Delegationsmodell



5.4.5 Ereignisbehandlung in Java ...



Delegationsmodell

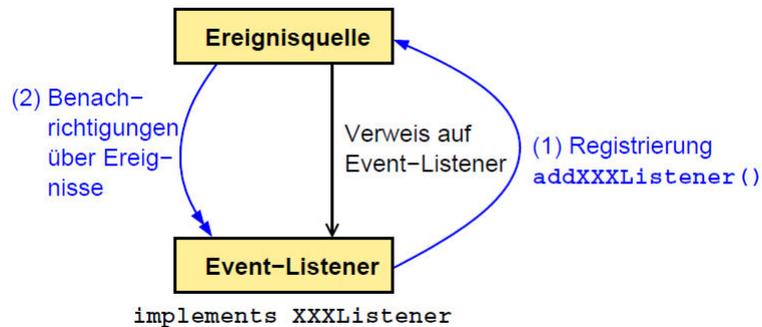


- Für ein Ereignis können sich beliebig viele Listener registrieren

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

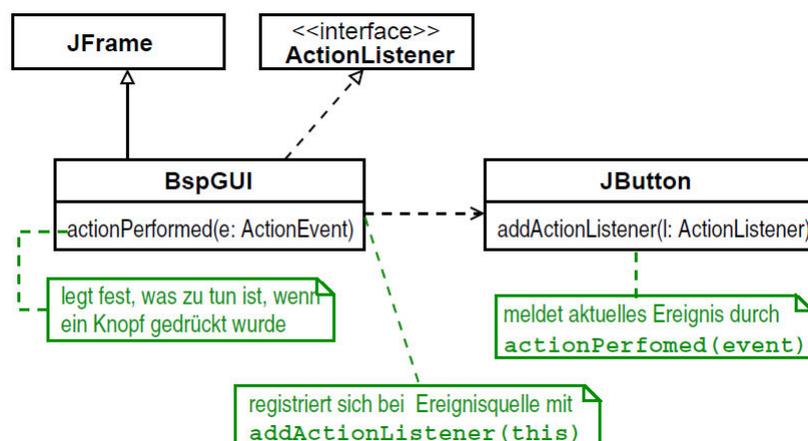
- Zu jeder Ereignisklasse gibt es eine zugehörige Event-Listener-Schnittstelle
- Namenskonvention: für ein Ereignis `XXXEvent`
 - heißt die Listener-Schnittstelle `XXXListener`
 - ist die Registrierungsmethode der Swing /AWT-Komponenten
 - `void addXXXListener(XXXListener l)`
- Ereignisse werden über 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 ...



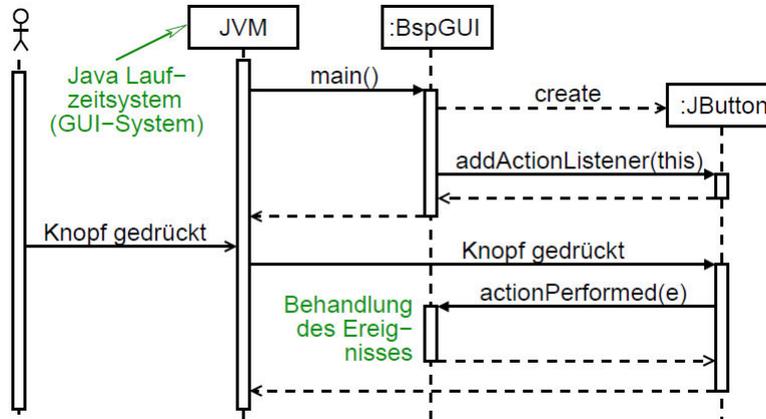
Delegationsmodell für einen Knopf: Klassendiagramm



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 Schreiarbeit, ...
- 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 ...



Anonyme Klassen ...

➤ Die Anweisung

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

ist gleichbedeutend mit

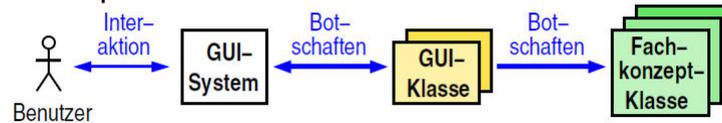
```
class Listen1 implements ActionListener {
    public void actionPerformed(ActionEvent e) {
        aus.append("Ausgabeknopf gedrueckt\n");
    }
}
button1.addActionListener(new Listen1());
```

5.4 GUI-Programmierung ...



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 ...



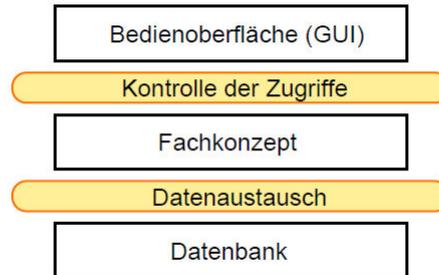
```
    ...
    // Knopf "Neue Adresse"
    personen.add(ein1.getText(), ein2.getText());
    ...
    // Knopf "Eintrag loeschen"
    personen.delete(ein1.getText());
    ...
}
public static void main(String args[]) {
    Personen pers = new Personen(); // Fachkonzept erzeugen
    Bsp4GUI gui = new Bsp4GUI(pers);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



5.5 Threads

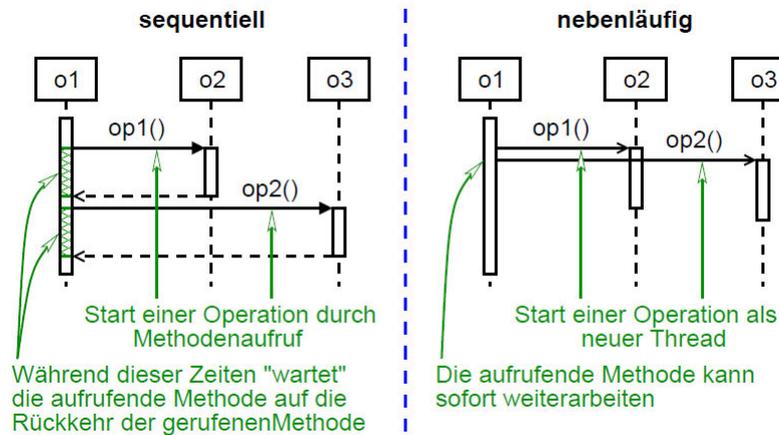


- Unsere bisherigen Programme arbeiteten rein **sequentiell**
 - die Anweisungen wurden eine nach der anderen ausgeführt
- Manchmal sollte ein Programm aber auch **nebenläufig** arbeiten können, d.h. mehrere Dinge (scheinbar) gleichzeitig tun, z.B.:
 - Ausgabe von Bild und Ton einer Multimedia-Anwendung
 - 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

5.5 Threads ...



Sequentielles vs. nebenläufiges Programm

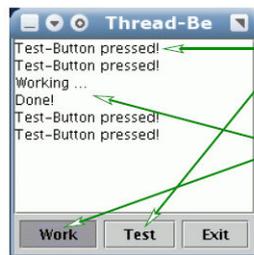


5.5 Threads ...



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

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



Drücken des 'Test'-Knopfes führt zu einer Ausgabe im Textfeld.

Drücken des 'Work'-Knopfes führt zum Aufruf einer Methode (doWork()) mit hoher Ausführungszeit.

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

5.5 Threads ...



Threads in Java

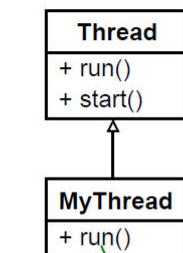
- Ein Java-Programm startet immer mit genau einem Thread (main-Thread), der die Methode `main()` abarbeitet
- Für weitere Threads steht die Klasse `Thread` zur Verfügung
 - von dieser Klasse muß eine Unterklasse definiert werden
- Die wichtigsten Operationen von `Thread` sind:
 - `void run()`: wird beim 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 ...



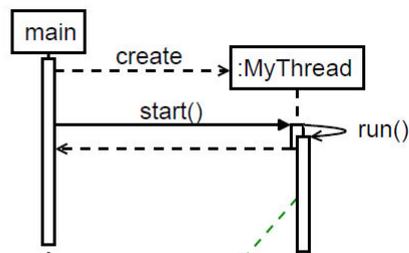
Threads in Java ...

Klassendiagramm



Überschreibt die Methode aus Thread

Sequenzdiagramm



Der Code von `run()` wird nebenläufig zum Aufrufer ausgeführt

5.5 Threads ...



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 Berechnung ...
        for (int i=0; i<5000000; i++) { v = v*v; }
        aus.append("Done!\n");
    }
}
```

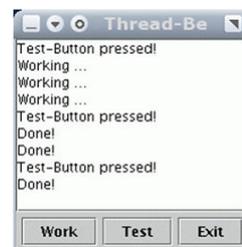
5.5 Threads ...



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 Berechnungen!



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();
        }
    }
}
```



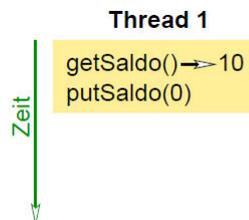
5.5 Threads ...



Beispiel: Bankkonto ...

- Ausgabe:


```
Kontostand: 0.0
Kontostand: -10.0 //Warum kommt hier zweimal
Kontostand: -10.0 //derselbe Kontostand??
```
- Problem: zeitliche Verzerrung in abheben():



5.5 Threads ...

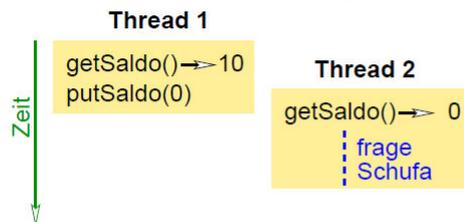


Beispiel: Bankkonto ...



- Ausgabe:


```
Kontostand: 0.0
Kontostand: -10.0 //Warum kommt hier zweimal
Kontostand: -10.0 //derselbe Kontostand??
```
- Problem: zeitliche Verzerrung in `abheben()`:



5.5 Threads ...

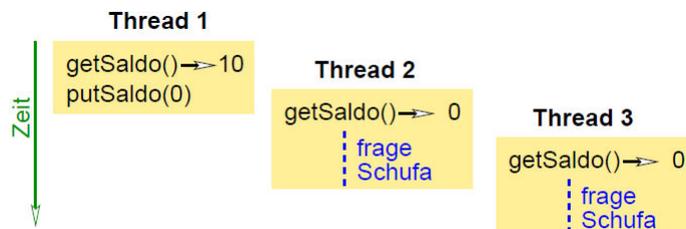


Beispiel: Bankkonto ...



- Ausgabe:


```
Kontostand: 0.0
Kontostand: -10.0 //Warum kommt hier zweimal
Kontostand: -10.0 //derselbe Kontostand??
```
- Problem: zeitliche Verzerrung in `abheben()`:



5.5 Threads ...

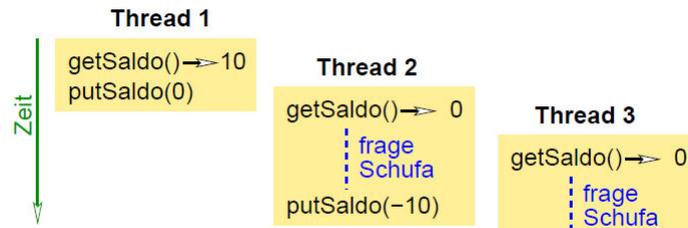


Beispiel: Bankkonto ...



- Ausgabe:


```
Kontostand: 0.0
Kontostand: -10.0 //Warum kommt hier zweimal
Kontostand: -10.0 //derselbe Kontostand??
```
- Problem: zeitliche Verzerrung in `abheben()`:



5.5 Threads ...

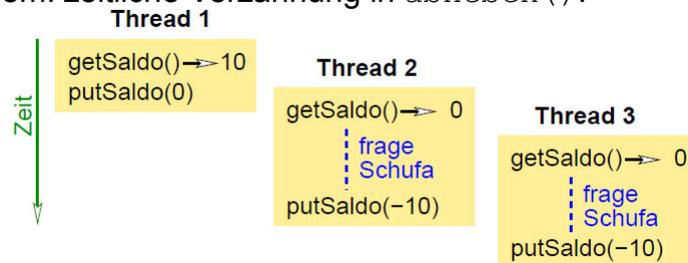


Beispiel: Bankkonto ...



- Ausgabe:


```
Kontostand: 0.0
Kontostand: -10.0 //Warum kommt hier zweimal
Kontostand: -10.0 //derselbe Kontostand??
```
- Problem: zeitliche Verzerrung in `abheben()`:



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

5 Programmierung mit Java ...



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