Einführung in die Java-Programmierung

Autor: CHA/Spengergasse

Unvollständiger Entwurf, Version 1.0.3, 20. November 2022

********** TEIL 1 **********

Grundlagen

Dieses Skriptum beinhaltet die Grundlagen der Programmierung in der Programmiersprache Java. Programmieren durchdringt unser Leben heute in vielen Bereichen, die resultierende Software findet sich in zahlreichen Bereichen: mobile Applikationen auf Smartphones und Tablets, Webanwendungen, Spiele, Server-Anwendungen, Cloud-Computing u.v.m. Die hier vorgestellten Konzepte stellen die Grundlage für all jene Anwendungsgebiete dar, der primäre Fokus liegt auf der Entwicklung von *Backends*, also Programmen die auf Servern laufen und die *Frontends* (also die Clients) mit den entsprechenden Daten und Berechnungen versorgen.

Programmierung bedeutet grundsätzlich, eine Folge von Operationen auf einem Mikroprozessor (CPU) anzusteuern, welche die Daten im Hauptspeicher oder Permanentspeicher verarbeiten. Die Programmierung auf Prozessorebene (Assembler-Sprachen) ist jedoch sehr aufwändig, und wird heutzutage nur noch für wenige Spezialanwendungen genutzt. Die sogenannten höheren Programmiersprachen wie beispielsweise Java, C# oder Python setzten auf einer höheren Abstraktionsebene an, die mehr dem menschlichen Denken entspricht, und eine schnellere und robustere Programmentwicklung ermöglicht.

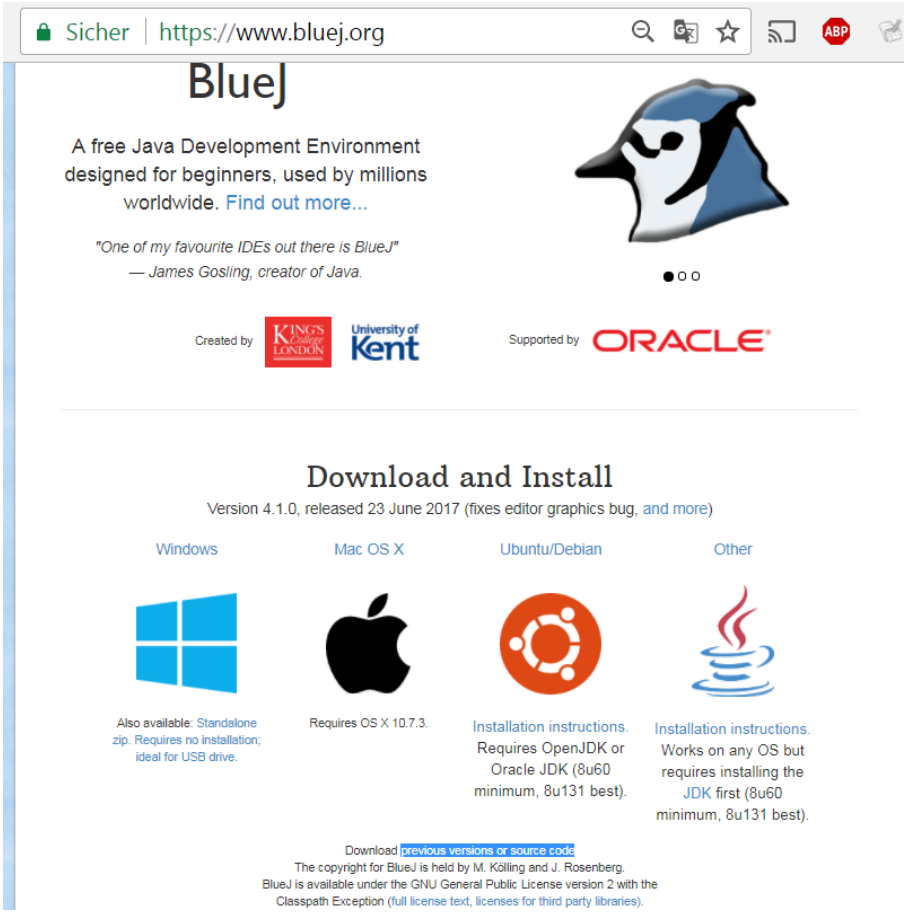
Das Programm besteht dabei zunächst aus dem Quelltext oder Code, d.h. ein oder mehrere Dateien im reinen Text-Format. Um das Programm tatsächlich ausführen zu können, muss es zunächst *übersetzt* werden. Diese Aufgabe übernimmt der *Compiler*. Enthält der Programmcode Fehler, konkret Elemente die nicht der Vorgabe der Programmiersprache entsprechen, so werden entsprechende Fehlermeldungen erzeugt, die dem Programmierer oder der Programmiererin bei der Behebung ebendieser helfen. Konnte das Programm zur Gänze übersetzt (compiliert) werden, so kann es anschließend ausgeführt werden. Die reine compilierfähigkeit des Programmes sagt natürlich noch nichts über seine Korrektheit aus. Viele Fehler machen sich erst zur Laufzeit bemerkbar, und müssen anschließend behoben werden. In der modernen Programmierung versucht man die Anzahl der Fehler in Programmen durch *Tests* zu minimieren. Das Aufspüren von Fehlern oder unerwartetem Verhalten in Programmen wird durch *Debugger* unterstützt, welche es ermöglichen das Programm an bestimmten Stellen anzuhalten und aktuelle Werte zu analysieren.

Verschiedene Programmiersprachen unterscheiden sich in der Art der Übersetzung erheblich. So wird beispielsweise Python-Code erst bei der Programmausführung (zur Laufzeit) übersetzt (=interpretiert). In C++ wird der Programmcode direkt in ein maschinenlesbares Format übersetzt, das dann direkt vom Prozessor ausgeführt werden kann. Bei Java (und C#) hingegen existiert eine Zwischenebene, die sogenannte *Virtuelle Maschine*. Der Programmcode wird zunächst vom Compiler in *Bytecode* übersetzt. Dieser Bytecode wird dann auf der virtuellen Maschine (JVM, Java Virtual Machine) ausgeführt. Dieses Konzept ermöglicht es die resultierenden Programme auf verschiedenen Betriebssystemen und Hardware-Architekturen auszuführen.

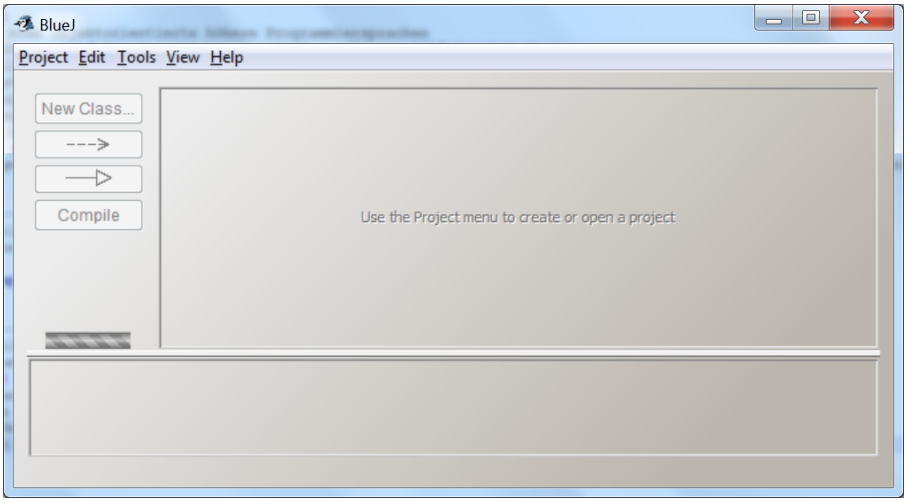
Die Werkzeuge Compiler, Debugger, Text-Editor und vieles mehr werden üblicherweise in einer sogenannten *Entwicklungsumgebung* verwendet. Diese ermöglicht einen komfortablen und intuitiven Umgang mit allen benötigten Werkzeugen. Bekannte Entwicklungsumgebungen sind beispielsweise Eclipse oder IntelliJ. Für die ersten Schritte ist jedoch eine einfacherer Entwicklungsumgebung zu empfehlen.

Entwicklungsumgebung BlueJ

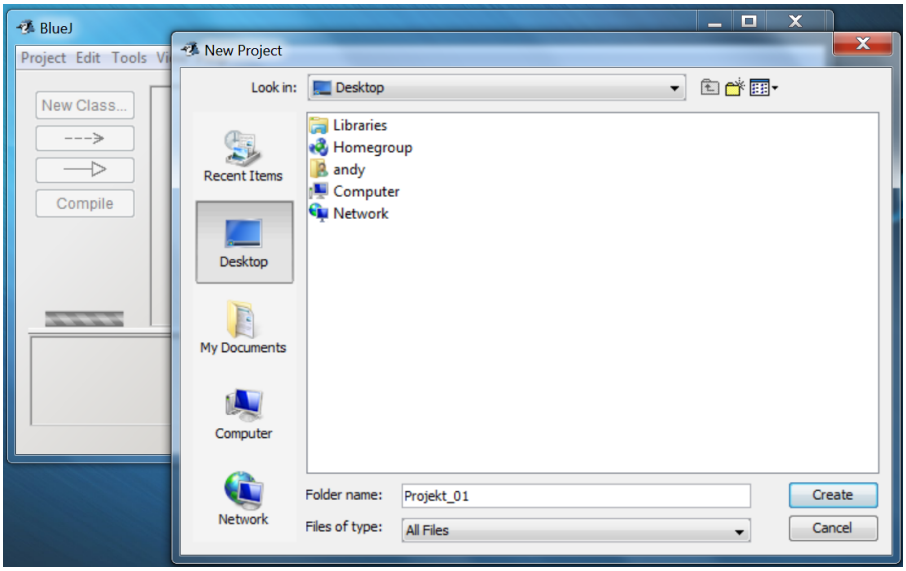
Wir verwenden im Unterricht im ersten Semester die Entwicklungsumgebung *BlueJ*, die speziell für didaktische Zwecke entwickelt wurde. Diese Entwicklungsumgebung soll dem angehenden Programmierer, bzw. der angehenden Programmiererin dabei helfen, die ersten Schritte zu meistern und ein grundlegendes Verständnis für die Java-Programmierung zu erlangen.



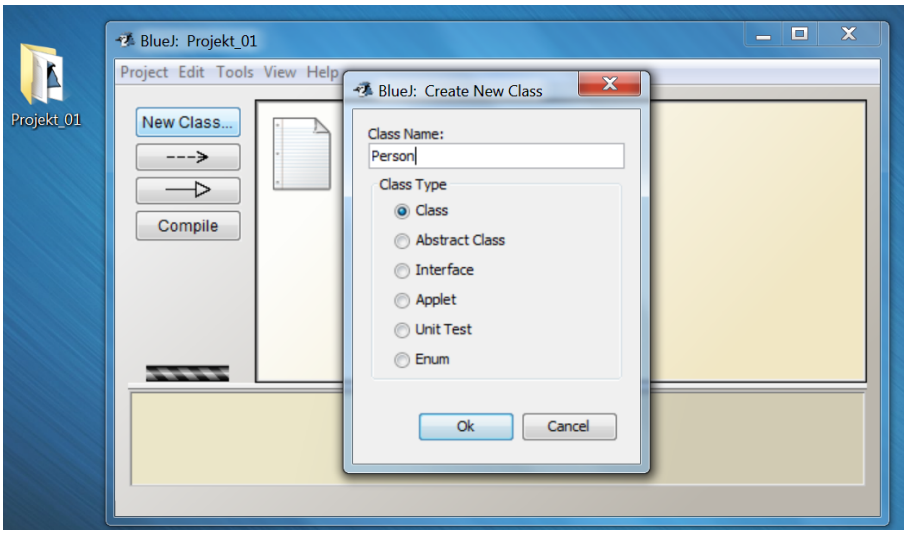
Wurde BlueJ installiert, so erhält man nach dem Programmstart in etwa das folgende Fenster.



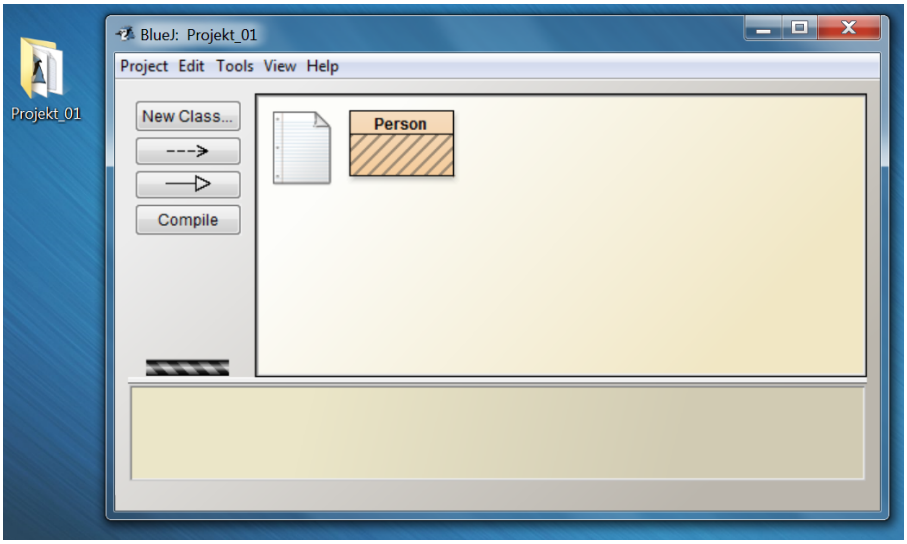
In neuen Programmversionen von BlueJ kann sich das Design und Layout des Fensters geringfügig unterscheiden, die wesentlichen Komponenten sind jedoch seit einigen Versionen nahezu unverändert. Der erste Schritt bei der Erstellung eines ersten Programmes ist die Erstellung eines sogenannten *Projektes*. Dieses enthält dann alle dem Programm zugehörigen Dateien. Hierzu erstellt man im Menü ein neues Projekt und wählt den Speicherort aus.



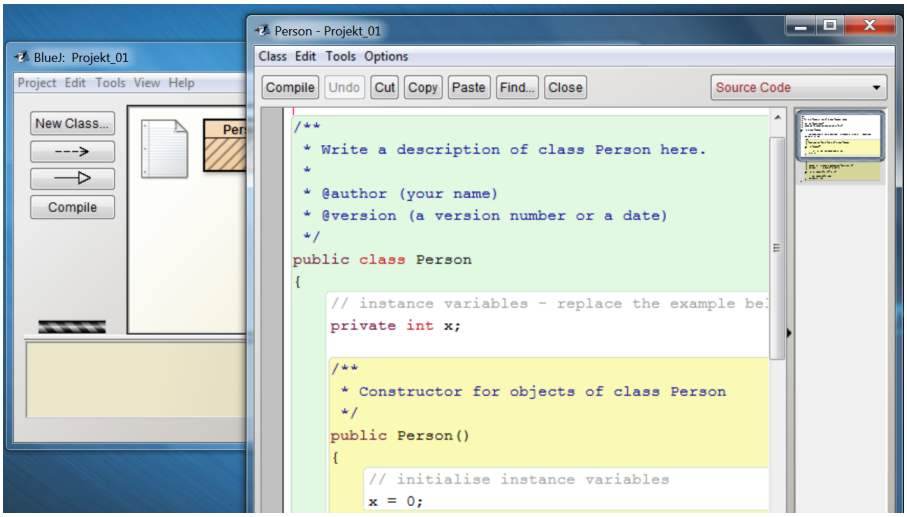
Innerhalb des Projektes kann dann eine sogenannte *Klasse* erstellt werden. Wie wir in Kürze sehen werden, stellen *Klassen* die zentralen Einheiten von Programmen dar. Wir wählen als Klassennamen zunächst "Person"...



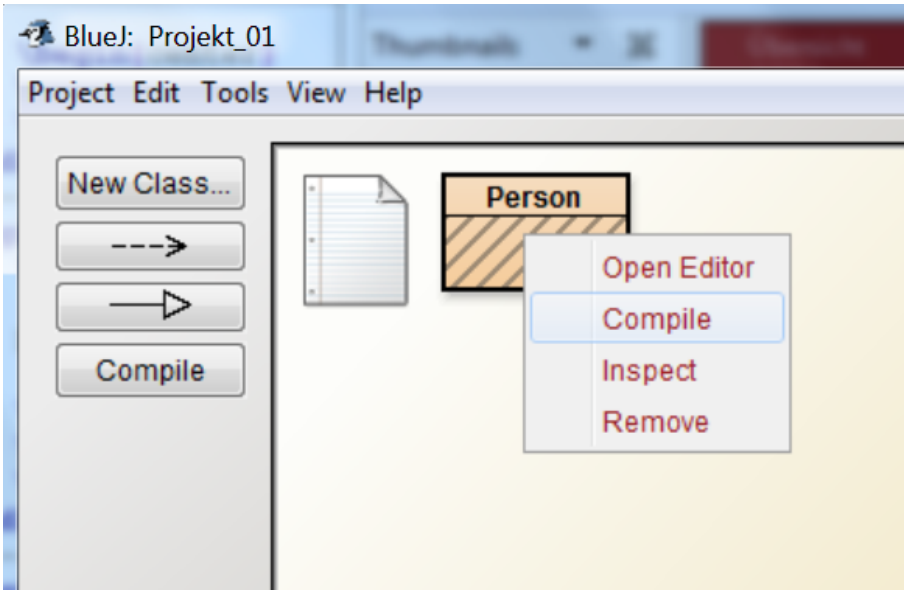
... und erhalten dann folgende Ansicht. Das orangefarbene Rechteck zeigt den gewählten Klassennamen an, ...



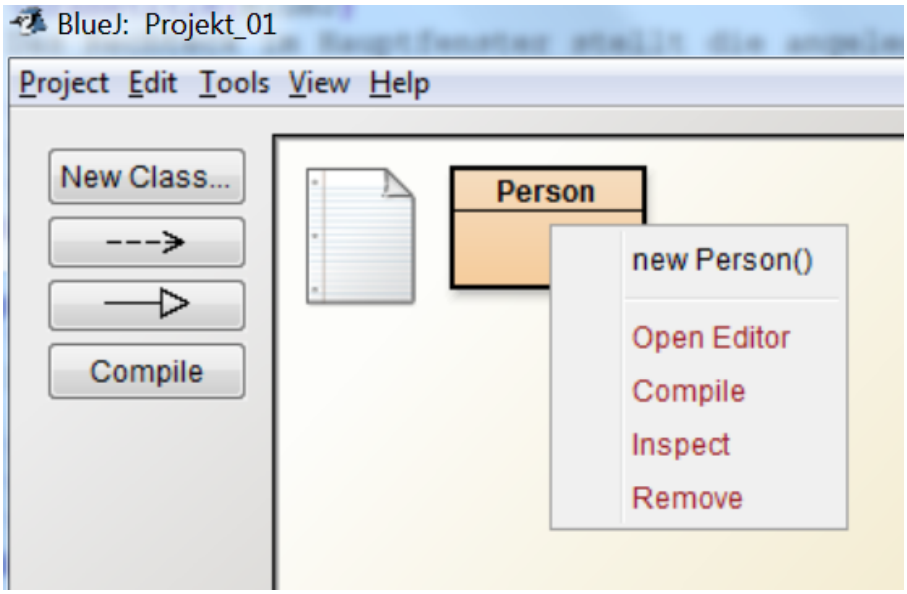
... ein Doppelklick auf dieses Rechteck öffnet ein weiteres Fenster, welches den zugehörigen Programmcode enthält.



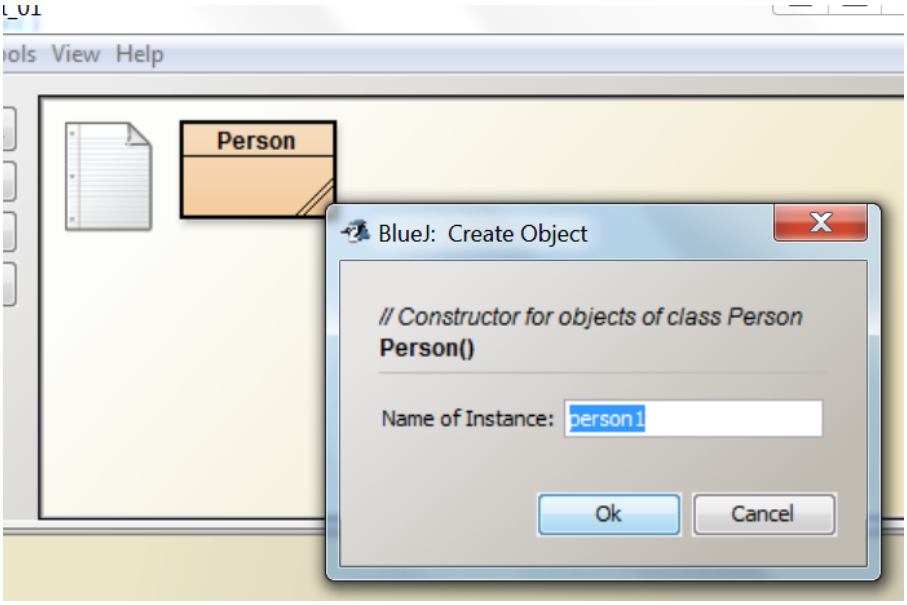
Der Programmcode ist standardmäßig schon mit einer Vorlage befüllt, und somit compilierfähig. Wir übersetzten die Klasse entweder durch einen Klick mit der rechten Maustaste auf das Rechteck und Wahl von "Compilie" oder "Übersetzen" im Kontextmenü, oder durch Klick auf den entsprechenden Button ganz links im Hauptfenster.



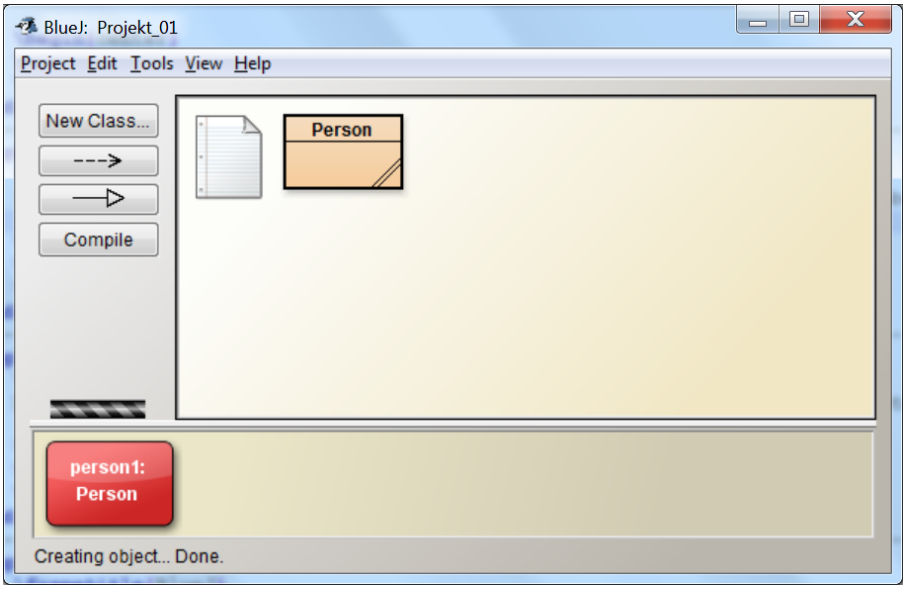
Konnte die Klasse fehlerfrei übersetzt werden, so ändert sich der Hintergrund des orangenen Rechtecks. Bei Klick mit der rechten Maustaste auf dieses Rechteck findet man nun einen neuen Eintrag im Kontextmenü, “new Person()”.



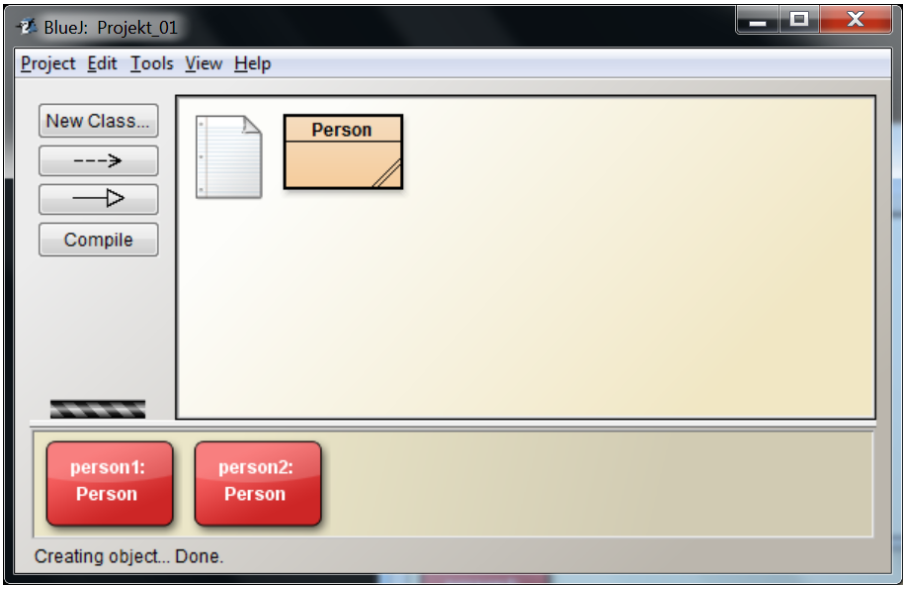
Nach Klick auf “new Person()” öffnet sich ein weiteres Fenster, wobei hier einfach auf “Ok” geklickt wird.



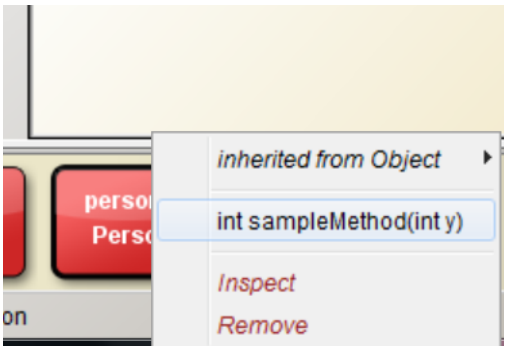
Das Ergebnis ist nun ein rechtes rotes Rechteck im unteren Bereich des Hauptfensters. Dies zeigt uns an, dass eine *Instanz* einer Klasse erstellt wurde. Die Bedeutung dieser Begriffe wird im nächsten Abschnitt erläutert. Sie werden später den Programmcode der Klasse selbst verändern, und mittels der Instanz testen ob Sie das gewünschte Verhalten erzielt haben.



Sie können die letzten Schritte wiederholen, und werden festestellen, dass man dadurch eine weitere Instanz erhält.



Durch Klick auf "int sampleMethod(int y)" im Kontextmenü (bei recher Maus-Klick auf die Instanz) rufen Sie eine schon definierte Methode auf.



In diesem Abschnitt wurden Sie durch wichtige Schritte in der Entwicklungsumgebung BlueJ geführt. Dabei wurden einige Begriff wie Klasse, Instanz, oder Methode verwendet, deren Bedeutung in den nächsten Abschnitten genau erläutert wird. Wenn Sie diese Schritte ausführen konnten, dann ist Ihre Entwicklungsumgebung und Sie bereit für die Java-Programmierung!

Klassen und Objekte

Klassen sind ein grundlegendes Konzept moderner Programmiersprachen. Sie enthalten den wesentlichen Programmcode, ganze Programme entstehen durch ein Zusammenspiel mehrerer Klassen.

Klassen können unterschiedlichste Aufgaben in Programmen übernehmen. Wir wollen aber zunächst eines der wichtigsten Einsatzgebiete betrachten. Häufig modellieren Klassen Entitäten aus der realen Welt. Eine Anwendung könnte beispielsweise dazu dienen *Studenten* einer Schule zu verwalten. Dazu erstellen wir zunächst eine Klasse die einen Studenten modelliert.

```
public class Student {
    private String name;
    private int geburtsjahr;
}
```

Dieser Student hat nur zwei **Eigenschaften** (auch **Attribute** genannt), nämlich einen Namen und ein Geburtsjahr. Der Name (`name`) ist dabei eine Text-Zeichenkette (`String`), das Geburtsjahr (`geburtsjahr`)

ist eine ganze Zahl (`int`). Die Angaben `public` und `private` legen fest, welche Elemente in bestimmten Programmteilen sichtbar sind. Dies wird später genauer behandelt. An dieser Stelle sei nur festgehalten, dass die Eigenschaften stets `private` zu setzen sind.

Es ist unbedingt zu beachten, dass Groß- und Klein-Schreibung eine Rolle spielen. Der Name der Klasse (in diesem Fall `Student`) beginnt stets mit einem Großbuchstaben. Die Eigenschaften (`name` und `geburtsjahr`) beginnen stets mit Kleinbuchstaben. Beachten Sie ebenso, dass `String` mit einem Großbuchstaben beginnt, und `int` nur klein geschrieben ist. Den Grund dafür werden wir später kennenlernen.

Die Strichpunkte am Ende einer Zeile sind hier ebenso wesentlich. Sie beenden eine sogenannte *Anweisung*. Werden sie weggelassen, kann das Programm nicht übersetzt werden.

Beachten Sie weiters die Formatierung dieses Codestückes. Die beiden Zeilen zu den Eigenschaften sind eingerückt, die schließende geschwungene Klammer ist wieder ganz links gesetzt. Dies ist eine wichtige Konvention, die unbedingt einzuhalten ist. Die Einrückung des Programmcodes spiegelt die Struktur des Programmes wieder, und ist somit ein wesentlicher Teil des Programmcodes.

Wenden wir uns nun der Bedeutung von Klassen zu. Eine Klasse modelliert eine Entität aus der realen Welt, wie zum Beispiel Studenten, Personen, Aktien, Wohnungen, Fahrzeuge, usw. Konkret wird festgelegt, welche Daten diese Entitäten enthalten sollen, in unserem Beispiel einen Namen und ein Geburtsjahr. Die Klasse selbst dient im Programm als *Vorlage* für konkrete Daten. Konkrete Daten zur Klasse `Student` mit `Name` und `Geburtsjahr` können beispielsweise sein: Peter (1981), Sandra (1985), Ercan (1991), Sarah (1994); derartige konkrete Ausprägungen einer Klasse werden **Objekte** genannt. Erstellt man also einen konkreten Studenten, so erzeugt man im Programm ein **Objekt** oder eine **Instanz** einer Klasse. Die Klasse stellt also einen "Bauplan" dar, während Objekte oder Instanzen dann konkrete Ausprägungen desselben sind.

Wir werden in weiterer Folge kennenlernen wie auf die Eigenschaften zugegriffen werden kann (Abfragen von Informationen eines Objektes), und wie diese verändert werden können. Weiters werden wir die Erzeugung von Objekten näher betrachten. Am Ende des Abschnittes werden Sie eine wichtige weitere Eigenschaft von Klassen kennenlernen. Sie können nämlich nicht nur Daten enthalten, sondern auch *Methoden*. Dies sind Programmstücke, die auf den Daten Berechnungen vornehmen, oder auch Veränderungen vornehmen. Klassen organisieren also das Zusammenspiel von Daten und Programmlogik, Programme selbst entstehen durch die Interaktion von mehreren Objekten.

Get- und Set-Methoden

Generell versuchen Klassen zu vermeiden, dass ihre Daten "unkontrolliert" geändert werden können. Man unterbindet (durch das Schlüsselwort `private`), dass andere Programmteile oder Anwender direkt Änderungen vornehmen können. Es soll zum Beispiel unterbunden werden, dass das Geburtsjahr auf ein negatives Jahr (oder z.B. ein Jahr vor 1900), oder ein leerer Name gesetzt wird.

Get-Methoden

Da die Objekt-Eigenschaften `private` gesetzt werden, besteht zunächst keine Möglichkeit von außen darauf zuzugreifen. Die Get-Methode ermöglicht genau das! Im Folgenden sehen Sie die Implementierung der beiden Get-Methoden zur Klasse `Student`:

```
public class Student {
    private String name;
    private int geburtsjahr;

    public String getName() {
        return name;
    }

    public int getGeburtsjahr() {
        return geburtsjahr;
```

```
    }
}
```

Get-Methoden beginnen stets mit `public` gefolgt vom *Datentyp* der Objekteigenschaft, also `String` im Falle von `name` und `int` im Falle von `geburtsjahr`. Danach kommt der *Methodenname*. Dieser beginnt bei Get-Methoden stets mit `get`, gefolgt vom Namen der jeweiligen Eigenschaft. Dieser beginnt dann stets mit einem Großbuchstaben! Nach dem Namen enthalten Methoden stets runde Klammern. Danach folgen geschwungene Klammern, die *Implementierung* (also der Programmcode) der Methode steht innerhalb dieser Klammern. Die Get-Methode enthält nur eine einzige Zeile Programmcode, nämlich das Return-Statement. Dieses reicht die jeweilige Objekteigenschaft an den Aufrufer der Methode durch.

Set-Methoden

Set-Methoden ermöglichen, die Eigenschaften zu ändern. Die gewünschte Änderung muss dabei mittels **Parameter** an die Methode übergeben werden.

```
public class Student {
    private String name;
    private int geburtsjahr;

    public String getName() {
        return name;
    }

    public void setName(String neuerName) {
        name = neuerName;
    }

    public int getGeburtsjahr() {
        return geburtsjahr;
    }

    public void setGeburtsjahr(int neuesGeburtsjahr) {
        geburtsjahr = neuesGeburtsjahr;
    }
}
```

Dieser Parameter befindet sich innerhalb der runden Klammern der Methoden-Definition. Da `name` vom Typ `String` ist, muss auch beim Parameter angegeben werden, dass es sich um einen `String` handelt. Analog beim Geburtsjahr mit `int`. Innerhalb der Methode erfolgt die Zuweisung des Parameters an die Objekteigenschaft. Der übergebene `neuerName` wird dabei an `name` (Attribut des Objektes) zugewiesen. Vor dem Methodennamen der Set-Methoden befindet sich das Schlüsselwort `void`. Es gibt an, dass diese Methode nichts zurückliefert. Sie nimmt nur eine Änderung des Objektes vor.

Kommentare

Fallweise möchte man im Programm ergänzende Kommentare aufnehmen. Diese stehen zwar im Quelltext, werden aber vom Compiler ignoriert. Das folgende Beispiel zeigt die zwei Arten Kommentare zu setzen:

```
/*
Dies ist ein mehrzeiliges Kommentar. Am Beginn einer Klasse kann es zum Beispiel
Informationen zum Zweck der Klasse, Autor, Erstellungsdatum etc. enthalten.
*/
public class Student {
    // dies ist ein Kommentar! Diese Zeile wird vom Compiler ignoriert
```

```
    private String name;
    private int geburtsjahr;

    public String getName() {
        // Kommentare können auch in Methoden vorkommen!
        return name;
    }

    /*
    public int getGeburtsjahr() {
        return geburtsjahr;
    }
    */
}
```

Beachten Sie, dass die Methode `getGeburtsjahr` zur Gänze auskommentiert wurde. Sie wird also vom Compiler ignoriert. Dies ist eine gängige Methode, um unfertige oder fehlerhafte Codestücke vor dem Compiler "zu verstecken".

Konstruktoren

Der Konstuktor legt fest, *wie* ein Objekt erzeugt wird, also welche Werte dabei den Objekteigenschaften zugewiesen werden können. Wir verwenden im *parameterlosen Konstruktor* die Set-Methoden, um für alle Objekteigenschaften *Default-Werte* zu setzen.

```
public class Student {

    private String name;
    private int geburtsjahr;

    public Student() {
        setName("n/a");
        setGeburtsjahr(1970);
    }

    // die Get-/Set-Methoden sind hier der Uebersicht halber weggelassen
}
```

Konstruktoren können ebenso wie Set-Methoden *Parameter* enthalten, wobei die einzelnen Parameter durch einen Beistrich getrennt werden.

```
public class Student {

    private String name;
    private int geburtsjahr;

    public Student() {
        setName("n/a");
        setGeburtsjahr(1970);
    }

    public Student(String name, int geburtsjahr) {
        setName(name);
        setGeburtsjahr(geburtsjahr);
```

```
    }

    // die Get-/Set-Methoden sind hier der Uebersicht halber weggelassen
}
```

Der zweite Konstruktor ist also eine alternative Möglichkeit ein Student-Objekt zu erzeugen. Dabei werden `name` und `geburtsjahr` als Parameter übergeben, und dann den Set-Methoden übergeben.

Schlüsselwort: this

Wir betrachten nochmals die Methode `setName`.

```
public class Student {
    private String name;

    public void setName(String neuerName) {
        name = neuerName;
    }
}
```

Der Parameter wurde hierbei `neuerName` genannt. Wählt man anstatt dessen die Bezeichnung `name` (die Bezeichnung ist an sich frei wählbar), so ergibt sich folgendes Problem:

```
public class Student {
    private String name;

    public void setName(String name) {
        name = name; // !?
    }
}
```

In der Zuweisung in der Methode `setName` ist jetzt allerdings unklar *welcher* `name` mit `name` gemeint ist. Die Objekteigenschaft, oder der Parameter? Es liegt hier ein sogenannter Namenskonflikt vor: zwei verschiedene Dinge wurden gleich bezeichnet. In diesem Fall wird bei beiden Verwendungen der Parameter herangezogen, und nicht die Objekteigenschaft. Dieses Verhalten ist keinesfalls gewünscht, und funktioniert nicht korrekt. Um hier eindeutig unterscheiden zu können wann die Objekteigenschaft gemeint ist, existiert das Schlüsselwort `this`. Dieses gibt an, dass die Eigenschaften *dieses* Objektes gemeint sind (und nicht etwaige andere gleich lautende Elemente, wie z.B. der Parameter). Der Code sieht dann wie folgt aus:

```
public class Student {
    private String name;

    public void setName(String name) {
        this.name = name; // this.name bezieht sich auf die Objekteigenschaft
    }
}
```

Bei Uneindeutigkeiten muss `this` verwendet werden, anderenfalls *kann* man `this` verwenden (muss aber nicht).

Methoden

Methoden sind Bestandteile von Klassen, die bestimmte Aufgaben durchführen, wie zum Beispiel Änderungen von Werten, Durchführung von Berechnungen, etc. Sie haben schon Get- und Set-Methoden kennengelernt, auch Konstruktoren sind spezielle Methoden. Allgemein bestehen Methoden aus einem *Methodennamen*, einem *Rückgabewert*, *Parametern*, sowie einem *Methodenrumpf*, der den eigentlichen Code enthält. *Methodennamen*, *Rückgabewert* und *Parametern* (sowie der Zugriffs-Modifier) bilden den *Methodenkopf*. Wir betrachten folgende Methode zur Berechnung des aktuellen Alters einer Person:

```java
public class Student {

    private String name;
    private int geburtsjahr;

    public int alterBerechnen(int aktuellesJahr) {
        return aktuellesJahr - this.geburtsjahr; // Anmerkung: this kann hier weggelassen werden!
    }
}
```

Die Methode `alterBerechnen` bekommt als Parameter das aktuelle Jahr übergeben. Das Alter der Person ergibt sich dann aus der Differenz von `aktuellesJahr` und `geburtsjahr`. Im Methodenkopf wurde der Typ des Rückgabewertes mit `int` festgelegt. Dies sagt dem Aufrufer, dass er nach dem Methodenaufruf als Ergebnis eine ganze Zahl erhält. Die Berechnung dieses Wertes erfolgt dann im Methodenrumpf. In diesem Fall besteht dieser nur aus einer einzigen Zeile, bei komplexeren Berechnungen können jedoch auch mehrere Codezeilen vorkommen. Das Schlüsselwort `return` gibt an, dass nun der angesprochene Rückgabewert retourniert wird. Meist steht `return` am Ende einer Methode, es ist aber grundsätzlich auch möglich an anderen Stellen in der Methode Return-Statements anzugeben.

Ausgabe, Print-Methode

Mittels `System.out.println` ("Print-Line") können Ausgaben auf die Konsole gemacht werden. Berechnungen und Ergebnisse können somit dem Benutzer (Anwender) des Programmes angezeigt werden. Zur Ausgabe von Objekten erstellen wir jeweils eigene Methoden, die nichts anderes machen, als den Inhalt des Objektes auszugeben.

```java
public class Student {

    private String name;
    private int geburtsjahr;

    // Konstruktoren hier ausgelassen

    // Get-/Set-Methoden hier ausgelassen

    public void printStudent() {
        System.out.println("Name: " + name + " (Geburtsjahr: " + geburtsjahr + ")");
    }
}
```

`System.out.println` ist hierbei eine spezielle Methode, die von Java zur Verfügung gestellt wird. Als Parameter übergeben wir dieser Methode eine Verkettung mehrerer Zeichenketten (Strings). Die Verkettung wird durch den Operator "+" erreicht. Ein String selbst wird in doppelten Anführungszeichen angegeben, der Inhalt innerhalb dieser doppelten Anfuehrungszeichen wird von `System.out.println` genau so auf die Konsole ausgegeben. Nach dem ersten "+" wird die Objekteigenschaft `name` angegeben. Dies führt dazu, dass beim Aufruf der Methode `printStudent` der aktuelle Wert von `name` ausgegeben wird. Anschließend wird auch `geburtsjahr` ausgegeben. Dies ist eigentlich ein Zahlenwert (`int`), jedoch wandelt Java diesen Wert in den hier benötigten `String` um.

Konventionen

Beim Programmieren sind einige wichtige Konventionen unbedingt einzuhalten. Diese werden zwar vom Compiler nicht erzwungen, führen also zu keiner Fehlermeldung, sind aber dennoch unbedingt einzuhalten. So müssen beispielsweise Klassennamen immer mit einem Großbuchstaben beginnen. Danach folgen Kleinbuchstaben. Methodennamen müssen hingegen stets mit Kleinbuchstaben beginnen. Beispiel: `getName`,

`alterBerechnen`; Bei zusammengesetzten Worten wird die sogenannte Camel-Case-Schreibweise verwendet: statt `getname` wird `getName` mit großem `N` verwendet. Selbiges gilt für Objekteigenschaften.

Der Code von Methoden (Methodenrumpf) oder ganze Klassen befinden sich innerhalb von geschwungenen Klammern. Alles was nach einer öffnenden geschwungenen Klammer "{" steht wird stets eingerückt (üblicherweise mit einem Tabulator). Die Einrückung endet mit der schließenden Klammer "}". Hierbei existieren verschiedene "Stile". Bei einem gängigen Stil wird die öffnende Klammer in der selben Zeile gesetzt, bei einem wird hingegen eine neue Zeile verwendet.

Stil "1TBS"

```
public class Student {
    private String name;
    private int geburtsjahr;

    public String getName() {
        return name;
    }

    public int getGeburtsjahr() {
        return geburtsjahr;
    }
}
```

Alternativer Stil: "Original K&R"

```
public class Student
{
    private String name;
    private int geburtsjahr;

    public String getName()
    {
        return name;
    }

    public int getGeburtsjahr()
    {
        return geburtsjahr;
    }
}
```

Beide Stile haben Vor- und Nachteile. Bei "Original K&R" ist die Struktur besonders gut erkennbar, da die öffnende Klammer immer genau über der schließenden Klammer steht. Andererseits werden hierbei sehr viele zusätzliche Codezeilen verwendet, was den Code wiederrum unübersichtlich machen kann. Die Mehrheit der Java-Programmierer bevorzugt deshalb "1TBS" (One True Brace Style). Entscheiden Sie sich für einen Stil, und verwenden Sie diesen konsistent!

Achten Sie ebenso auf eine konsistente Verwendung von Leerzeichen, z.B. "`getName() {`" statt "`getName(){`". Die meisten Entwicklungsumgebungen und Editoren unterstützen den Programmierer hierbei, indem Methoden zur Codeformatierung bereitgestellt werden, und gängige Stile in den Einstellungen gesetzt werden können.

Vor dem nächsten Kapitel finden Sie hier noch den gesamten bisher erstellten Code:

```
/*
  Die Klasse Student modelliert einen Studenten mit zwei Eigenschaften (Name und Geburtsjahr)
  Autor: Code Guru
  Datum: 11. 11. 2011
```

```java
*/
public class Student {

    // Objekteigenschaften (Attribute, Instanzvariablen)
    private String name;
    private int geburtsjahr;

    // Konstruktoren
    public Student() {
        setName("n/a");
        setGeburtsjahr(1970);
    }

    public Student(String name, int geburtsjahr) {
        setName(name);
        setGeburtsjahr(geburtsjahr);
    }

    // Get-/Set-Methoden
    public String getName() {
        return name;
    }

    public void setName(String neuerName) {
        name = neuerName;
    }

    public int getGeburtsjahr() {
        return geburtsjahr;
    }

    public void setGeburtsjahr(int neuesGeburtsjahr) {
        geburtsjahr = neuesGeburtsjahr;
    }

    // Weitere Methoden
    public int alterBerechnen(int aktuellesJahr) {
        return aktuellesJahr - this.geburtsjahr; // Anmerkung: this kann hier weggelassen werden!
    }

    public void printStudent() {
        System.out.println("Name: " + name + " (Geburtsjahr: " + geburtsjahr + ")");
    }
}
```

Variablen und Datentypen

Im letzten Abschnitt wurden bereits die Datentypen ‘String’ und ‘int’ verwendet. Diese fanden Anwendung bei *Objekteigenschaften* und *Parametern*. Der Oberbegriff dafür lautet **Variablen**, wir werden später noch eine weitere Art von Variablen, nämlich *lokale Variablen* kennen lernen.

Der Datentyp legt fest, welche Art von Werten bei einer Variablen hinterlegt sind. Wir haben bereits `int` als Datentyp für ganze Zahlen kennengelernt, und `String` als Datentyp für Zeichenketten. Diese Zeichenketten müssen dabei stets in doppelten Anführungszeichen angegeben werden, also z.B. `"Max Maier"`, jedoch sind

auch leere Zeichenketten möglich: `""`. Wir betrachten zunächst die sogenannten *primitiven Datentypen* genauer.

Primitive Datentypen

Die primitiven Datentypen (i.S.v. einfache, grundlegende Datentypen) sind in der Programmiersprache Java "fest eingebaut". Die primitiven Datentypen umfassen `byte`, `short`, `int`, `long`, `float`, `double`, `boolean` und `char`.

Ganze Zahlen werden mittels `byte`, `short`, `int` und `long` dargestellt, wobei sich diese durch den Bereich der darstellbaren Zahlen unterscheiden. Mit `byte` und `short` können nur relativ kleine Zahlen dargestellt werden, weshalb sie nur in Spezialanwendungen Verwendung finden. Für ganze Zahlen ist meist `int` die beste Wahl, nur wenn extrem große Zahlen dargestellt werden sollen muss `long` verwendet werden. Der Wertebereich von `int` ist -2147483648 bis 2147483647, jener von `long` -9223372036854775808 bis 9223372036854775807. Umso größer der darstellbare Zahlenbereich, desto mehr Platz im Hauptspeicher wird benötigt. Derartige Überlegungen spielen jedoch vorerst nur eine untergeordnete Rolle.

Die Datentypen `float` und `double` stellen Kommazahlen dar, und unterscheiden sich in Genauigkeit und Wertebereich. Meist wird hier `double` verwendet, und nur in Ausnahmefällen `float`.

Der Datentyp `boolean` stellt logische Wahrheitswerte dar, und ist nach dem Logiker George Boole benannt. Variablen dieses Typs können ausschließlich die Werte `true` und `false` annehmen.

Der Datentyp `char` (Character, dt. Zeichen) enthalten ein einzelnes Textzeichen. Die Werte werden in einfachen Hochkommata angegeben, z.B. 'a', 'X', '9' oder '?'.

Referenzdatentypen

Im vorigen Kapitel haben wir die Klasse `Student` entwickelt, und damit einen eigenen *Datentyp* erstellt! *Alle* Klassen definieren einen Datentyp, im Gegensatz zu den primitiven Datentypen, die ja ein integraler Bestandteil der Programmiersprache sind, handelt es sich hierbei im einen **Referenzdatentyp**. Auch beim schon verwendeten Typ `String` handelt es sich um einen derartigen Referenzdatentyp. Das bedeutet, dass auch `String` eine Klasse ist, die ein Bestandteil der Java-Library ist. **Referenzdatentypen beginnen laut Konvention stets mit einem Großbuchstaben!**

Ein wesentlicher Unterschied von Referenzdatentypen zu primitiven Datentypen ist, dass sie nicht den eigentlichen *Wert* selbst enthalten, sondern eine *Referenz* (in andreren Worten: einen Verweis) auf den Speicherort, an dem die Daten tatsächlich gespeichert sind.

Daraus ergeben sich die folgenden Konsequenzen für den Umgang mit Referenzdatentypen:

- Der Verweis kann auch "ins Leere" gehen, also auf nichts Eigentliches verweisen. Der Wert der Objektreferenz ist dann `null`. **Ist der Wert einer Objektreferenz *`null`*, so können darauf keine Methoden aufgerufen werden. Dies würde zu einem Laufzeitfehler führen, also eines Absturzes des Programmes!**
- Umgekehrt ist es möglich, dass auf ein und den selben Inhalt (im Speicher) **mehrere Referenzen** existieren. Es kann also eine Variable `stud1` auf den selben Studenten wie die Variable `stud2` verweisen!

Die Eigenschaften von Referenzdatentypen sind Wesentlich für die Programmierung und werden deshalb auch in den folgenden Kapiteln, nach der Behandlung weiterer wichtiger Grundlagen, ausführlich behandelt werden.

Zunächst widmen wir uns jedoch einem weiteren zentralen Konzept von Programmiersprachen, nämlich *Methoden*.

Methoden

Wir haben schon spezielle Methoden kennengelernt, nämlich Get- und Set-Methoden, sowie Konstruktoren. Methoden sind also zusammengehörige Code-Stücke, die Teil einer Klasse sind. Eine Methode setzt sich aus dem *Methodenkopf* und dem *Methodenrumpf* zusammen. Der Methodenkopf enthält einen Zugriffs-Modifier (`private` oder `public`), einen Rückgabewert, einen Methoden-Namen, sowie eine möglicherweise auch leere Parameterliste.

Der Zugriffsmodifier steuert die *"Sichtbarkeit"* der Methode. Dies wurde auch schon bei den Objekteigenschaften verwendet. Alle `private` gesetzten Elemente sind außerhalb der Klasse *nicht* sichtbar, d.h. sie können von dort aus nicht aufgerufen werden. Hingegen bedeutet `public`, dass das Element überall sichtbar ist, und somit von Methoden anderer Klassen aufgerufen werden kann. Methoden die ausschließlich innerhalb der Klasse verwendet werden sollen, werden also `private` gesetzt, alle anderen `public`.

Der **Rückgabewert** einer Methode ist entweder eine zurückgegebene private Objekteigenschaft, oder das Ergebnis einer Berechnung der Methode. Der **Rückgabewert** einer Methode ist entweder ein Datentyp, oder `void`. Hierbei steht `void` dafür, dass *nichts* zurückgegeben wird. Anderenfalls kann der Rückgabewert ein primitiver Datentyp oder ein Referenzdatentyp sein.

In den runden Klammern sind die Parameter einer Methode angegeben. Parameter sind jene Werte die der Methode übergeben werden; sie können ebenso primitive Datentypen oder Referenzdatentypen sein. Mehrere Parameter werden durch Beistriche voneinander getrennt. Man beachte folgenden Unterschied bei der Verwendung von primitiven Datentypen und Referenzdatentypen. Im ersten Fall wird der übergebene *Wert* in den Parameter "kopiert" (es gibt ja keine andere Möglichkeit!). Werden innerhalb der Methode Änderungen eines solchen Parameters vorgenommen, hat das keine Auswirkungen außerhalb der Methode. Diese Art der Parameterübergabe wird *call-by-value* genannt.

Anders verhält es sich bei Referenzdatentypen. Hier wir ja nur ein *Verweis* auf einen Speicherbereich mit dem Inhalt des Objektes übergeben (*call-by-reference*). Dies hat zur Konsequenz, dass Änderungen einer Objektreferenz die als Parameter an die Methode übergeben wurde auch außerhalb der Methode Auswirkungen haben. Es gibt in diesem Fall keine Kopie wie dies bei den primitiven Datentypen der Fall war. In vielen Fällen ist es ratsam, keine Änderungen an den als Parameter übergebenen Objektreferenzen vorzunehmen, wenngleich dies auch in manchen Fällen das gewünschte Verhalten ist.

Der Methodenrumpf befindet sich innerhalb der geschwungenen Klammern und enthält den eigentlichen Code der Methode. Der Rumpf kann aus nur einer, oder auch sehr vielen Codezeilen bestehen. Ist der Rückgabewert *nicht* `void`, so muss die Methode mindestens ein `return`-Statement enthalten. Im Regelfall befindet sich das `return`-Statement in der letzten Zeile der Methode. Dieses Statement reicht den Rückgabewert wieder "nach Außen". Der zurückgegebene Datentyp muss dem im Methodenkopf angegebenen Typ entsprechen, im Falle von Referenzdatentypen ist grundsätzlich auch `null` möglich.

Methoden können in BlueJ ausgehend von einer Instanz (rotes Kästchen) aufgerufen werden, indem sie im Kontextmenü (via Klick mit der rechten Maustaste) ausgewählt werden. Methoden können mittels ihres Namens auch direkt aus der Klasse in der sie definiert sind aufgerufen werden. Das folgende Codestück zeigt die Methode `alterBerechnen`.

```
public class Student {

    private String name;
    private int geburtsjahr;

    // Konstruktoren und Get-/Set-Methoden wurden hier (teilweise) ausgelassen

    public int getGeburtsjahr() {
        return geburtsjahr;
    }

    public int alterBerechnen(int aktuellesJahr) {
```

```
        return aktuellesJahr - getGeburtsjahr();
    }
}
```

Hier wird innerhalb der Methode eine andere Methode, nämlich `getGeburtsjahr` aufgerufen.

Signatur von Methoden

Die Signatur einer Methode ist gegeben durch den Methodennamen, sowie Typen und Reihenfolge der Parameter. In einer Klasse dürfen nicht mehrere Methoden mit der selben Signatur vorkommen. Mehrere Methoden mit gleichem Namen sind sehr wohl zulässig, da sie eindeutig durch die Parameter unterschieden werden können. Man nennt dies auch *Überladen* von Methoden.

Wir betrachten das folgende Codebeispiel, das einige Methoden mit teilweise gleicher Signatur enthält. Der Methodenrumpf wird hier nicht angegeben, da er für das Beispiel unwesentlich ist. Stattdessen finden Sie im Rumpf nur ein Kommentar `// TODO`.

```
public class SignaturDemo {

    public int foo(int a, int b) {
        // TODO
    }

    public int foo(int a) { // Zulässig, da andere Parameteranzahl als obige Methode
        // TODO
    }

    public int foo(double a, double b) { // Zulässig, da andere Parametertypen
        // TODO
    }

    public double foo(int a) { // Unzulässig, da schon eine Methode mit Namen foo und
                               // einem int-Parameter existiert. Es ist hierbei
                               // unerheblich, dass sich der Rückgabewert unterscheidet.
                               // Es handelt sich dennoch um die gleiche Signatur wie
                               // in der zweiten Methode.
        // TODO
    }
}
```

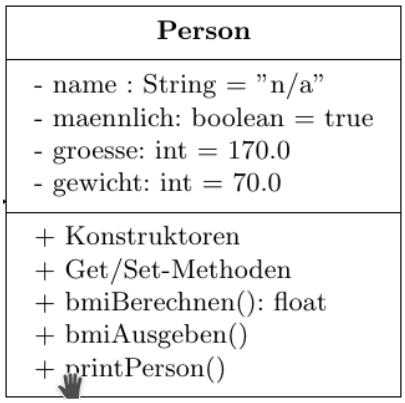
Das Überladen von Methoden ist oft sinnvoll, weil man sehr ähnliche Aufgaben, jedoch mit unterschiedlichen Parametern durchführen möchte. Das folgende Beispiel zeigt eine Klasse `Berechnung` mit zwei Methoden `summe`.

```
public class Berechnung {

    public int summe(int a, int b) {
        return a + b;
    }

    public int summe(double a, double b) {
        return a + b;
    }
}
```

Hier ist es sinnvoll die Methode zur Summenbildung von int-Parametern sowie double-Parametern gleich zu benennen, also zu überladen.

Parameter-Prüfungen

Wir betrachten in diesem Abschnitt die Klasse `Person` gemäß des folgenden UML-Diagramms.



Das folgende Codebeispiel zeigt die Parameterprüfungen in den Set-Methoden. Dadurch wird sichergestellt, dass die entsprechenden Eigenschaften stets gültige Werte aufweisen.

```
public class Person {

    private String name;
    private boolean maennlich;
    private int groesse;
    private int gewicht;

    public Person() {
        setName("n/a");
        setMaennlich(true);
        setGroesse(170);
        setGewicht(70);
    }

    public Person(String name, boolean maennlich, int groesse, int gewicht) {
        setName(name);
        setMaennlich(maennlich);
        setGroesse(groesse);
        setGewicht(gewicht);
    }

    public void setName(String name) {
        if (name != null) {
            this.name = name;
        } else {
            System.out.println("Fehler, name darf nicht null sein");
            this.name = "n/a";
        }
    }

    public void setMaennlich(boolean maennlich) {
        this.maennlich = maennlich;
    }

    public void setGroesse(int groesse) {
```

```
        if (groesse >= 110 && groesse <= 220) {
            this.groesse = groesse;
        } else {
            groesse = 170;
            System.out.println("Groesse ungültig, setze defaultwert");
        }
    }

    public void setGewicht(int gewicht) {
        if (gewicht > 30 && gewicht < 150) { // zwischen bedeutet exklusiv
            this.gewicht = gewicht;
        } else {
            this.gewicht = 70;
            System.out.println("Gewicht ungültig, setze default");
        }
    }

    public void printPerson() {
        if (maennlich == true) {
            System.out.println("Name: " + name + " (m), Groesse: "
                    + groesse + ", Gewicht: " + gewicht);
        } else {
            System.out.println("Name: " + name + " (f), Groesse: "
                    + groesse + ", Gewicht: " + gewicht);
        }
    }

}
```

In der Methode `setName` wird mittels einer If-Bedingung geprüft ob der Parameter `name`, bei dem es sich ja um einen Referenzdatentyp handelt, ungleich `null` ist. Nur dann erfolgt eine Zuweisung an die Objekteigenschaft `this.name`. Anderenfalls wird eine Fehlermeldung auf die Konsole ausgegeben. In der Methode `setGroesse` und `setGewicht` wird in der If-Bedingung geprüft, ob der Parameter im gültigen Wertebereich (laut Angabe) liegt. Nur wenn dies gegeben ist, erfolgt die Zuweisung, anderenfalls wird wieder eine Fehlermeldung ausgegeben.

In diesen If-Bedingungen werden Vergleichsoperatoren `<`, `<=`, `>` und `>=` verwendet, die einen Vergleich zwischen der Variable und dem Zahlenwert (Literal) durchführen. Zusätzlich wird der Operator `&&` verwendet, der das logische Und darstellt. Nur wenn beide Bedingungen (links und rechts von `&&`) erfüllt sind, ist der gesamte Ausdruck erfüllt! In anderen Fällen wird möglicherweise oder logische Oder-Operator benötigt, der in Java als `||` festgelegt ist. In diesem Fall liefert der gesamte Ausdruck `true` wenn einer der beiden Ausdrücke (oder beide!) `true` sind.

In der Methode `printPerson` wird die Ausgabe je nach Geschlecht der Person geringfügig unterschiedlich formatiert, nämlich (m) vs. (f). Dies wird erreicht indem geprüft wird, ob die Objekteigenschaft `maennlich` den Wert `true` (oder `false`) hat. Dazu wird der Vergleichsoperator `==` verwendet. Die Gleichheit zweier Werte wird in Java immer mittels des Doppel-Istgleich-Operators ermittelt. Es ist ein häufiger Fehler, dass an dieser Stelle nur `=` verwendet wird. Dies entspricht jedoch der Zuweisung, und nicht dem Vergleich!

Lokale Variablen, Berechnungen und Typkonvertierung

Wir betrachten nun die folgende Aufgabenstellung:

Der *Body-Mass-Index* (BMI) berechnet sich anhand der Größe $g[m]$ und Gewicht $w[kg]$ mittels

$$bmi = \frac{w}{g^2}.$$

Berechnen Sie diesen Wert in der Methode `bmiBerechnen()` der Klasse `Person` und geben Sie den Wert als Rückgabewert zurück.

Abhängig vom Geschlecht kann wie folgt klassifiziert werden:

	BMI Frauen	BMI Männer
Untergewicht	< 19	< 20
Normalgewicht	$19 \ldots 24$	$20 \ldots 25$
Übergewicht	> 24	> 25

Entwickeln Sie nun die Methode `bmiAusgeben()`, welche den BMI selbst, und die Interpretation des BMIs zum Objekt auf die Konsole ausgibt. Diese Methode soll die Methode `bmiBerechnen()` verwenden, und mit `if`-Bedingungen die entsprechenden Fallunterscheidungen vornehmen.

Dazu ergänzen wir die Klasse `Person` um die folgenden beiden Methoden:

```
public float bmiBerechnen() {
    float groesseMeter = (float)groesse / 100;
    float bmi = (float)gewicht / (groesseMeter * groesseMeter);
    return bmi;
}

public void bmiAusgeben() {
    String bmiTyp = "";
    float bmi = bmiBerechnen();
    if (maennlich == true) {
        // Frauen
        if (bmi < 19) {
            bmiTyp = "Untergewicht";
        } else {
            if (bmi >= 19 && bmi <= 24) {
                bmiTyp = "Normalgewicht";
            } else {
                bmiTyp = "Übergewicht";
            }
        }
    } else { // Maenner
        if (bmi < 20) {
            bmiTyp = "Untergewicht";
        } else if (bmi >= 20 && bmi <= 25) {
            bmiTyp = "Normalgewicht";
        } else {
            bmiTyp = "Übergewicht";
        }
    }
    System.out.println("BMI: " + bmi + " Typ: " + bmiTyp);

}
```

In der Methode `bmiBerechnen` wird zunächst eine lokale Variable `groesseMeter` verwendet, um die Größe in der Einheit Zentimeter abzuspeichern. Dafür wird `groesse` durch 100 dividiert. Es ist zu beachten, dass hier zwei `int`-Werte dividiert werden. Java verwendet hierzu die ganzzahlige Division, was jedoch

nicht beabsichtigt ist, da dadurch im Ergebnis alle Nachkommastellen gleich 0 wären. Um die Division der Kommazahlen (float, double) zu verwenden, muss einer der Operanden in eine Kommazahl konvertiert werden. Dies wird durch das vorangestellte `(float)` erreicht. In der nächsten Zeile wird der berechnete BMI dann in eine lokale Variable `bmi` gespeichert, welche dann in der folgenden Zeile retourniert wird.

Die Methode `bmiAusgeben` ist etwas umfangreicher. Hier wird zunächst eine lokale Variable `bmiTyp` angelegt, welche schließlich (in der letzten Zeile der Methode) für die Ausgabe herangezogen wird. Die lokale Variable `bmi` speichert zunächst den numerischen Wert für den BMI, welcher mittels der Methode `bmiBerechnen` ermittelt wird. Dann folgt eine Fallunterscheidung ob die Person männlich oder weiblich ist. In weiteren If-Bedingungen wird dann geprüft in welchem Intervall der BMI liegt, um die entsprechende Kategorisierung in `bmiTyp` speichern zu können. In der letzten Zeile wird das Ergebnis schließlich auf der Konsole ausgegeben.

Debugger

Dieser Abschnitt ist erst im Entstehen.

Testklassen

Um Fehler in der zu entwickenden Software zu vermeiden, ist die Durchführung von zahlreichen Tests unerlässlich. Diese können ad-hoc durchgeführt werden, indem in BlueJ entsprechende Objekte erstellt werden, diese mit geeigneten Werten befüllt werden, und entsprechende Methoden aufgerufen werden. Dieses Vorgehen kann jedoch zu erheblichem Aufwand führen, konkret müssen nach allen Änderungen immer wieder alle Testschritte durchgespielt werden. Ebenso besteht die Gefahr, dass neue entstandene Fehler nicht gefunden werden.

Testklassen stellen ein geeignetes Mittel dar, um alle Testfälle auf Knopfdruck durchspielen zu können. Das folgende Codestück zeigt eine rudimentäre Testklasse zu der im vorigen Abschnitt entwickelten Klasse `Person`.

```
public class TestPerson {

    public void testPersonErzeugen () {
        Person p1 = new Person("Franz Maier", true, 180, 62);
        p1.print();
        p1.bmiAusgeben();

        Person p2 = new Person("Sandra", false, 180, 62);
        p2.print();
        p2.bmiAusgeben();

        Person p3 = new Person("Petra", false, 170, 50);
        p3.print();
        p3.bmiAusgeben();

        Person p4 = new Person("Ferdinand", true, 181, 100);
        p4.print();
        p4.bmiAusgeben();


        Person p6 = new Person("Elisa", false, 180, 59);
        p6.print();
        p6.bmiAusgeben();

        Person p7 = null;
        p7.print();
```

```
    }
}
```

Objekt-Beziehungen

Oftmals stehen Objekte in Beziehung zueinander. Ein häufiger Fall ist, dass in Objekten einer Klasse mehrere Instanzen einer anderen Klasse verwaltet werden. Im vorigen Abschnitt wurde die Klasse `Person` entwickelt. In diesem Abschnitt wird eine Klasse `Auto` entwickelt, in das bis zu drei Personen "einsteigen" können.

Die Plätze im Auto werden durch Objekteigenschaften, konkret durch Referenzen auf Objekte vom Typ `Person` umgesetzt. Steigt eine konkrete Person in das Auto ein, so wird im Objekt des Typs Auto eine Objektreferenz auf das Objekt der Person gesetzt. Hat eine der Objektreferenzen `fahrer`, `beifahrer` oder `rueckbank` den Wert `null`, so bedeutet dies, dass keine Person auf dem entsprechenden Platz sitzt.

```
public class Auto {

    private String name;
    private int eigengewicht;

    private Person fahrer;
    private Person beifahrer;
    private Person rueckbank;

    public Auto() {
        setName("n/a");
        setEigengewicht(1300);
    }

    public Auto(String name, int eigengewicht) {
        setName(this.name);
        setEigengewicht(this.eigengewicht);
    }

    public String getName() {
        return name;
    }

    public int getEigengewicht() {
        return eigengewicht;
    }

    public void setName(String name) {
        if (name != null) {
            this.name = name;
        } else {
            System.out.println("Fehler: kein Name!");
            this.name = "n/a";
        }
    }

    public void setEigengewicht(int eigengewicht) {
        if ((eigengewicht >= 600) && (eigengewicht <= 3000)) {
            this.eigengewicht = eigengewicht;
        } else {
```

```
            System.out.println("Fehler: kein gültiges Eigengewicht (600..3000)!");
            this.eigengewicht = 1300;
        }
    }

    public void einsteigen(Person person) {
        // 1. Pruefung ob Referenz person nicht null
        if (person != null) {
            if (this.fahrer == null) {
                this.fahrer = person; // this kann man hier weglassen
            } else {
                if (this.beifahrer == null) {
                    this.beifahrer = person;
                } else {
                    if (this.rueckbank == null) {
                        this.rueckbank = person;
                    } else {
                        System.out.println("Fehler: das Auto ist voll!");
                    }
                }
            }
        } else { // entsprechende Fehlermeldung
            System.out.println("Fehler: Parameter person ist null!");
        }

    }

    public void aussteigenFahrer() {
        fahrer = null;
    }

    public void aussteigenBeifahrer() {
        beifahrer = null;
    }

    public void aussteigenRueckbank() {
        rueckbank = null;
    }

    public void aussteigen(Person person) {
        if (person != null) {
            if (this.fahrer == person) {
                aussteigenFahrer();
            } else {
                if (this.beifahrer == person) {
                    aussteigenBeifahrer();
                } else {
                    if (this.rueckbank == person) {
                        aussteigenRueckbank();
                    } else {
                        System.out.println("Fehler: Person nicht im Auto.");
                    }
                }
            }
```

```
    } else {
        System.out.println("Fehler: Parameter person ist null.");
    }
}

public void aussteigen(String name) {
    if (name != null) {
        // Achtung: String-Vergleich immer mit der equals-Methode!
        if (this.fahrer != null && name.equals(fahrer.getName())) {
            aussteigenFahrer();
        } else {
            if (this.beifahrer != null && name.equals(beifahrer.getName())) {
                aussteigenBeifahrer();
            } else {
                if (this.rueckbank != null && name.equals(rueckbank.getName())) {
                    aussteigenRueckbank();
                } else {
                    System.out.println("Fehler: Person nicht im Fahrzeug");
                }
            }
        }
    } else {
        System.out.println("Fehler: name ist null.");
    }
}

public int gesamtGewicht() {
    int gesamtGewicht = getEigengewicht();

    if (this.fahrer != null) {
        gesamtGewicht = gesamtGewicht + this.fahrer.getGewicht();
    }

    if (this.beifahrer != null) {
        gesamtGewicht = gesamtGewicht + this.beifahrer.getGewicht();
    }

    if (this.rueckbank != null) {
        gesamtGewicht = gesamtGewicht + this.rueckbank.getGewicht();
    }

    return gesamtGewicht;
}

public void printAuto() {
    System.out.println("Auto: " + name + ", Eigengewicht: " + eigengewicht);
    System.out.println("------------------------------------------------------------");

    System.out.print("Fahrer: ");
    if (this.fahrer != null) {
        this.fahrer.print();
    } else {
        System.out.println(" --frei-- ");
    }
```

```
        System.out.print("Beifahrer: ");
        if (this.beifahrer != null) {
            this.beifahrer.print();
        } else {
            System.out.println(" --frei--");
        }

        System.out.print("Rueckbank: ");
        if (this.rueckbank != null) {
            this.rueckbank.print();
        } else {
            System.out.println(" --frei--");
        }

        System.out.println("-------------------------------------------------------");
    }
}
```

Die wesentlichen Überlegungen zu derartigen Aufgaben finden sich in der Methode `einsteigen(Person person)`. Diese Methode hat einen Parameter vom Typ `Person` mittels dem die Objektreferenz auf die einsteigende Person übergeben wird. Die zugrundeliegende Logik ist: die Person nimmt den ersten freien Platz; der erste Platz ist der Fahrer, der zweite Platz der Beifahrer, der dritte Platz auf der Rückbank. Die Programmlogik der Methode prüft im ersten Schritt ob der Parameter `person` ungleich `null` ist. Anderenfalls wird eine Fehlermeldung ausgegeben. Anschließend wird der erste freie Platz gesucht. Dies geschieht wieder mit If-Bedingungen. Es wird zunächst geprüft, ob `fahrer` *gleich* `null` ist. Ist dies der Fall, so bedeutet das, dass noch niemand am Fahrersitz sitzt, also der Fahrersitz der erste freie Platz ist. In diesem Fall wird die Zuweisung `this.fahrer = person;` vorgenommen. Anderenfalls muss der nächste freie Platz geprüft werden (Beifahrer, Rückbank). Gibt es keinen freien Platz, so wird eine Fehlermeldung ausgegeben, dass das Auto schon voll ist.

```
    public void einsteigen(Person person) {
        // 1. Pruefung ob Referenz person nicht null
        if (person != null) {
            if (this.fahrer == null) {
                this.fahrer = person; // this kann man hier weglassen
            } else {
                if (this.beifahrer == null) {
                    this.beifahrer = person;
                } else {
                    if (this.rueckbank == null) {
                        this.rueckbank = person;
                    } else {
                        System.out.println("Fehler: das Auto ist voll!");
                    }
                }
            }
        } else { // entsprechende Fehlermeldung
            System.out.println("Fehler: Parameter person ist null!");
        }

    }
```

Die Methode `aussteigen` ist ähnlich aufgebaut, allerdings wird hier verglichen ob die Objektreferenz (Parameter) gleich ist zu einem der Plätze. Ist dies der Fall, soll die Person aussteigen, was durch einen

entsprechenden Methodenaufruf erreicht wird. Diese Methode setzt die entsprechende Objekteigenschaft auf `null`.

In der Methode `aussteigen(String name)` soll jene Person aussteigen, deren Name mit dem übergebenen Parameter übereinstimmt. Hierzu muss zunächst wieder geprüft werden, ob der Parameter `name` gleich `null` ist. Anderenfalls würden etwaige Methodenaufrufe zu Laufzeitfehlern führen ("`NullPointerException`").

```
public void aussteigen(String name) {
    if (name != null) {
        // Achtung: String-Vergleich immer mit der equals-Methode!
        if (this.fahrer != null && name.equals(fahrer.getName())) {
            aussteigenFahrer();
        } else {
            if (this.beifahrer != null && name.equals(beifahrer.getName())) {
                aussteigenBeifahrer();
            } else {
                if (this.rueckbank != null && name.equals(rueckbank.getName())) {
                    aussteigenRueckbank();
                } else {
                    System.out.println("Fehler: Person nicht im Fahrzeug");
                }
            }
        }
    } else {
        System.out.println("Fehler: name ist null.");
    }
}
```

Die Bedingungen sind hier etwas komplexer: zunächst muss geprüft werden, ob auf dem jeweiligen Platz jemand sitzt (z.B. `this.fahrer != null`). Im zweiten Teil der If-Bedingung (also nach `&&`) wird nun der Name der Person am Platz mit dem im Parameter übergebenen Namen verglichen. *Achtung: bei String-Vergleichen muss immer die `equals`-Methode verwendet werden.* Der `==`-Operator liefert nicht immer das korrekte Ergebnis!

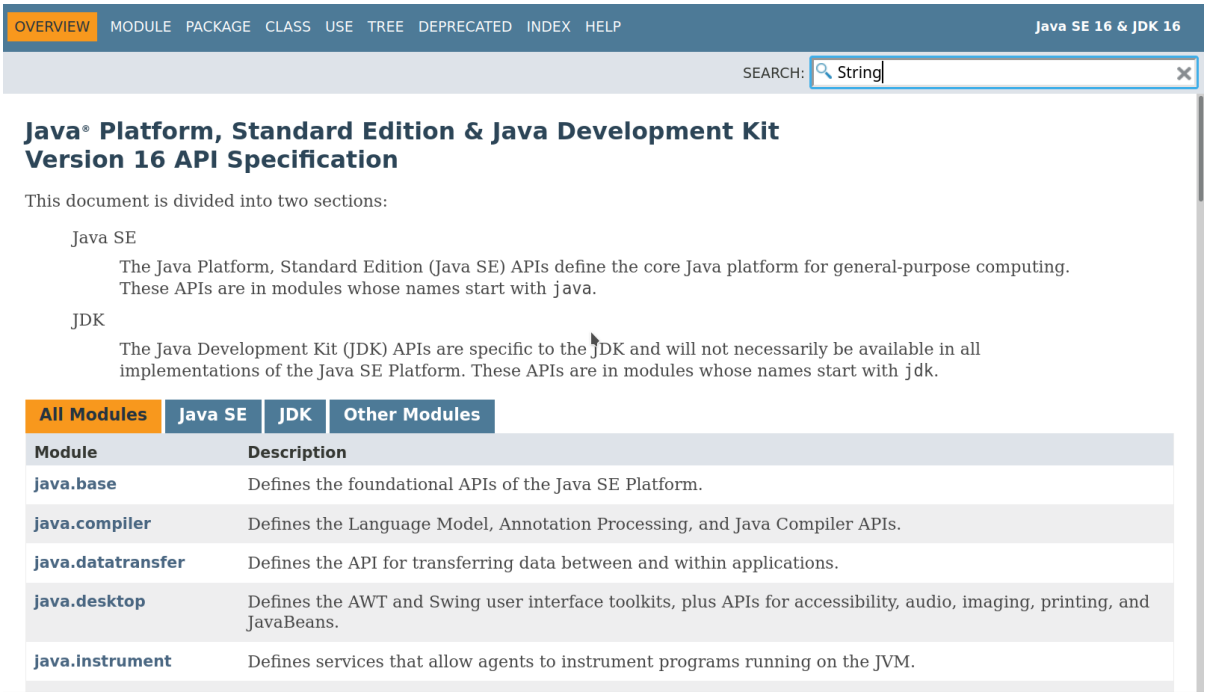
Strings

Die Klasse `String` ist ein Teil der Java-Bibliothek und enthält zahlreiche nützliche Methoden zur Bearbeitung und Analyse von Zeichenketten. Alle Strings sind Instanzen dieser Klasse `String`, allerdings gibt es im Gegensatz zu Instanzen anderer Klasse einige Besonderheiten bei `String`. Auf diese wird im nächsten Abschnitt genauer eingegangen.

Die zur Verfügung stehenden Methoden der Klasse `String` sind in der Java API (Application Programming Interface) Dokumentation aufgelistet.

https://docs.oracle.com/en/java/javase/16/docs/api/index.html

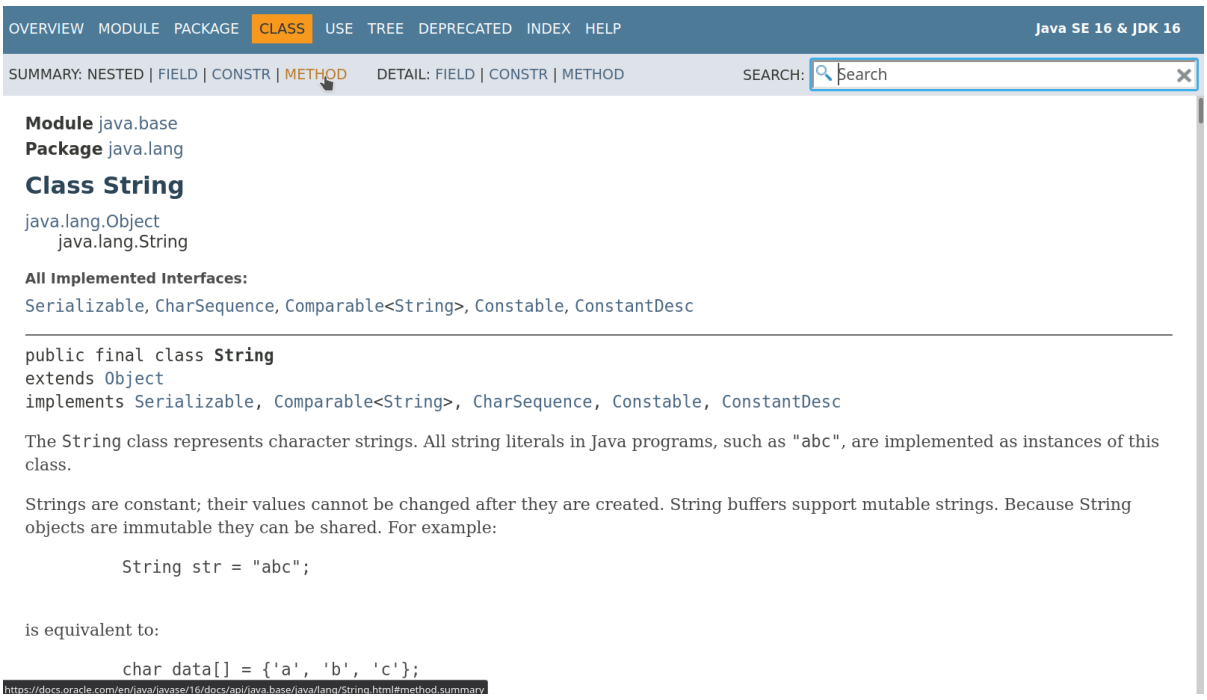
In dieser API-Dokumentation sind alle Klassen der Java Bibliothek ausführlich beschrieben.



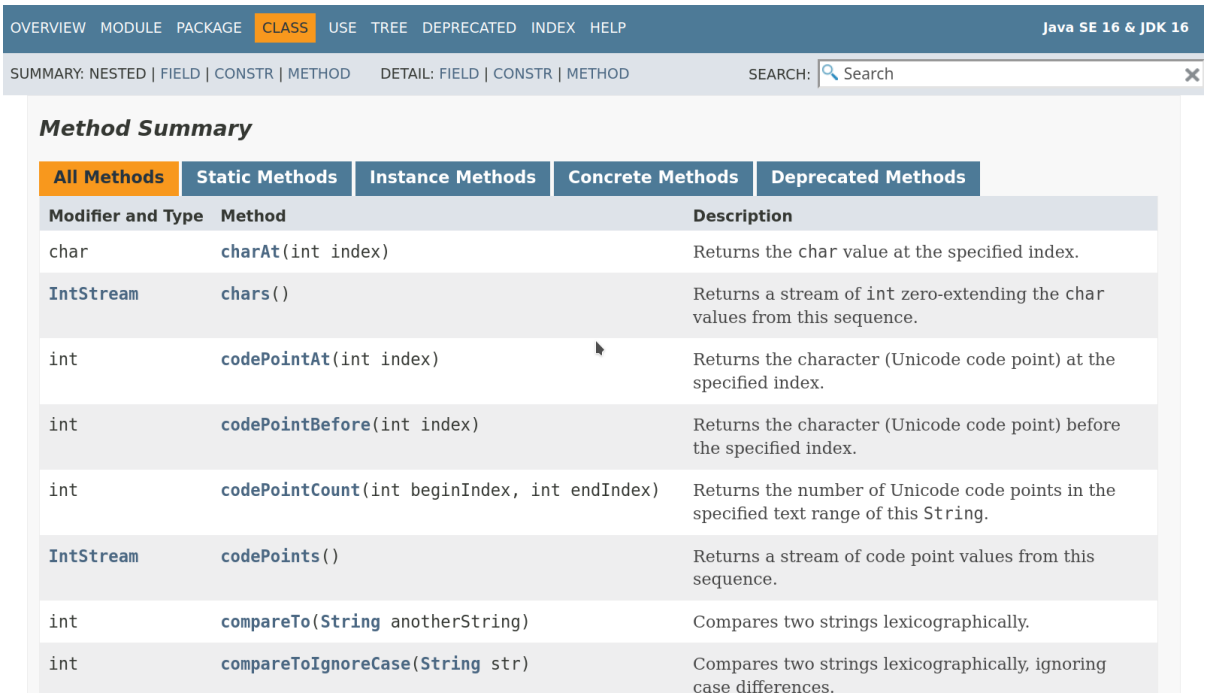
Rechts oben kann nach konkreten Klassen gesucht werden. Wählen Sie `java.lang.String` im Kontextmenü, oder folgen Sie direkt dem Link:

https://docs.oracle.com/en/java/javase/16/docs/api/java.base/java/lang/String.html

um zur folgenden Seite zu gelangen.



Zunächst findet sich eine genaue Beschreibung des Zweckes der Klasse, jedoch sind viele Informationen erst mit tiefergehendem technischen Verständnis hilfreich und verständlich. Durch Klick auf “Method” (Menüleiste) gelangen Sie zum dem Abschnitt der alle Methoden der Klasse auflistet.



Wichtige Methoden sind:

- `char charAt(int index)`: gibt das Zeichen an der Stelle `index` (erst Stelle hat Index 0!) zurück, sofern vorhanden.
- `int indexOf(String str)`: gibt die Stelle des erste Vorkommens des als Parameter übergebenen Strings zurück.
- `boolean isEmpty()`: gibt an, ob der String leer ist.
- `int length()`: gibt die Länge des Strings zurück.
- `String toLowerCase()`: retourniert den ursprünglichen String mit ausschließlich Kleinbuchstaben.
- `String toUpperCase()`: retourniert den ursprünglichen String mit ausschließlich Großbuchstaben.
- `String trim()`: etwaige Leerzeichen am Beginn und Ende des Strings werden abgeschnitten.

Im folgenden finden Sie eine Klasse, die eine Person mit Vornamen und Nachnamen modelliert. Die Klasse enthält neben den Konstruktoren und Get-/Set-Methoden auch weitere Methoden die die String-Methoden verwenden.

```
public class Person {

    private String vorname;
    private String nachname;

    public Person() {
        setVorname("Max");
        setNachname("Mustermann");
    }

    public Person(String vorname, String nachname) {
        setVorname(vorname);
        setNachname(nachname);
    }
```

```
    // Get/Set-Methoden
    public String getVorname() {
        return vorname;
    }

    public void setVorname(String vorname) {
        if (vorname != null) {
            this.vorname = vorname;
        } else {
            System.out.println("Fehler, vorname ist null");
        }
    }

    public String getNachname() {
        return nachname;
    }

    public void setNachname(String nachname) {
        if (nachname != null) {
            this.nachname = nachname;
        } else {
            System.out.println("Fehler, nachname ist null");
        }
    }

    public String gesamterName() {
        return vorname + " " + nachname;
    }

    public int laengeGesamterName() {
        return gesamterName().length();
    }

    public String initialien() {
        if (this.vorname.length() > 0 && this.nachname.length() > 0) {
            return this.vorname.charAt(0) + ". " + this.nachname.charAt(0) + ".";
        } else {
            System.out.println("Fehler, Vor- oder Nachname ist leer!");
        }
    }

    public String kuerzel() {
        if (nachname.length() >= 2 && vorname.length() >= 1) {
            return nachname.substring(0, 2).toUpperCase() + this.vorname.charAt(0);
        } else {
            System.out.println("Fehler, kann Kuerzel nicht berechnen.");
            return "n/a";
        }
    }
}
```

In der Methode `int laengeGesamterName()` wird die Länge des Strings zurückgegeben der von `String gesamterName()` zurückgegeben wird. In der Methode `String initialien()` werden die Initialen als String

zurückgegeben. Dabei liefert die Methode `charAt(0)` (also aufgerufen mit Parameter index=0) jeweils den ersten Buchstaben des Vornamens und des Nachnamens. Mittels + Operator werden diese `Characters`(!) mit den String "." verknüpft, und dabei implizit zu `String`s umgewandelt (Typecast). Dafür muss zunächst geprüft werden, ob die Länge der beiden Strings mindestens 1 beträgt, da sonst die Methode `charAt(0)` in diesem Fall einen Laufzeitfehler liefern würde.

In der Methode `String kuerzel()` wird ein Kürzel aus 3 Großbuchstaben ermittelt, wobei die ersten zwei Buchstaben vom Nachnamen kommen. Hierbei ist zu beachten, dass die jeweiligen Strings die entsprechende Länge aufweisen. Anderenfalls würde auch an dieser Stelle ein Laufzeitfehler auftreten.

Zu beachten ist generell, dass die String-Objekte auf welchen die Methoden aufgerufen werden (in unserem Fall `nachname` und `vorname`) nicht `null` sind. Diesfalls würde sonst eine `NullPointerException`, also ein Laufzeitfehler, auftreten. Durch die Parameterprüfungen in den Konstruktoren und Set-Methoden haben dies für diese Klasse bereits sichergestellt. Dadurch gestaltet sich der Code an dieser Stelle etwas übersichtlicher, da die entsprechende Parameterprüfung (`!= null`) an dieser Stelle nicht notwendig ist.

Besonderheiten bei der Verwendung von `String`

Bei der Klasse `String` verwendet man bei der Erstellung neuer Instanzen nicht den Konstruktor (also nicht: `String s = new String("ein Text");`), sondern schreibt einfach `String s = "ein Text";`. Im Hintergrund verwaltet Java alle erzeugten String-Instanzen und vermeidet dabei, dass gleiche Werte mehrfach abgespeichert werden ("String-Pool").

Möchte man zwei Strings auf Inhaltsgleichheit überprüfen, so muss die `equals`-Methode verwendet werden. Vielleicht haben Sie dennoch bemerkt, dass auch der `==`-Operator oftmals zu funktionieren *scheint*(!). Und dies, obwohl der `==`-Operator bei Referenztypen die Instanz/Objekt-Gleichheit prüft, und nicht die Inhalts-Gleichheit. Der Grund hierfür ist, dass bei Inhaltsgleichheit meist auch automatisch Instanzgleichheit vorliegt (String-Pool!). Dies ist jedoch nicht immer der Fall, was das folgende Codestück zeigt:

```
String a = "xyz";
String b = "xy";
b += "z";

System.out.println("a: " + a);
System.out.println("b: " + b);

// dieser Stringvergleich funktioniert nicht
System.out.println("a == b: " + (a == b));
System.out.println("a.equals(b): " + a.equals(b));

String c = "xyz";
System.out.println("a: " + a);
System.out.println("c: " + c);

// In diesem Fall liefert auch der ==-Operator das
// gewuenschte Ergebnis
System.out.println("a == c: " + (a == c));
System.out.println("a.equals(c): " + a.equals(c));
```

Die zugehörige Ausgabe ist:

```
a: xyz
b: xyz
a == b: false
a.equals(b): true
a: xyz
c: xyz
```

```
a == b: true
a.equals(b): true
```

Aufgrund der Operation `b += "z";` enthält `b` zwar den selben Inhalt wie `a` (`equals` liefert also immer `true`), es handelt sich jedoch *nicht* um die selbe Instanz.

Schleifen

Schleifen sind zentrale Sprachkonstrukte in allen Programmiersprachen. Sie ermöglichen es bestimmte Aufgaben mehrmals durchzuführen, beziehungsweise bestimmte Codestücke mehrmals zu durchlaufen. Es existieren verschiedene Ausprägungen von Schleifen, konkret zwei verschiedene `while`-Schleifen und die `for`-Schleife. Allen Varianten ist gemein, dass es eine *Zählvariable* gibt, die (meist) als Wert enthält wie oft die Schleife schon durchlaufen wurde. Diese Zählvariable wird in jedem Durchlauf der Schleife verändert (hochgezählt, "inkrementiert"). Eine *Fortsetzungsbedingung* legt fest ob die Schleife erneut ausgeführt werden soll.

Das folgende Beispiel zeigt eine Methode die eine Linie (bestehend aus den Zeichen "-") auf die Konsole schreibt. Die Länge der Linie (also die Anzahl der Zeichen) wird mittels Parameter gesteuert.

```
public void zeichneLinie(int laenge) {
    if (laenge >= 0) {
        int zaehler = 0;
        while (zaehler < laenge) {
            System.out.print("-");
            zaehler++; // entspricht: zaehler = zaehler + 1;
        }

        System.out.println();
    } else {
        System.out.println("Fehler: laenge ungueltig: " + laenge);
    }
}
```

Der relevante Code beginnt mit `int zaehler = 0;`, der Initialisierung der Schleifenvariable. Direkt danach beginnt die eigentliche Schleife mit `while`, in der darauffolgenden Bedingung (Ausdruck der `boolean` als Ergebnis hat) wird geprüft ob die Schleife (erneut) durchlaufen werden soll. Ist im konkreten Fall `zaehler` kleiner als die vorgegebene `laenge`, so wird der darauffolgende Block durchlaufen. Es wird einmal ein Zeichen "-" auf die Konsole geschrieben, und danach die Schleifenvariable erhöht.

Wird irrtümlich vergessen die Schleifenvariable zu modifizieren (erhöhen, verringern), kommt es zu einer *Endlosschleife*. In diesem Fall läuft das Programm solange, ohne etwas sinnvolles auszuführen, weiter, bis es manuell unterbrochen wird, z.B. durch Strg-C oder Reset der Virtual Machine.

Von der `while`-Schleife gibt es eine Variante in der die Bedingung am Ende der Schleife angeführt wird.

```
public void zahlenAusgeben() {
    int i=0;
    do {
        System.out.println(i);
        i++;
    } while (i<10);
}
```

Manchmal erweist sich diese Schleife als "angenehmer" oder "eleganter", aber eigentlich bräuchte man sie nicht unbedingt. Jede `while`-Schleife kann in eine `do-while`-Schleife umgeschrieben werden, und umgekehrt!

`for`-Schleife

Eine weitere syntaktische Variante der Schleife ist die `for`-Schleife. Auch diese ist, wie schon die `do-while`-Schleife nur eine Variation die Schleife anzuschreiben. Sie liefert uns aber keine grundsätzlich neuen Möglichkeiten. Jede `for`-Schleife kann durch eine `while`- oder `do-while`-Schleife ersetzt werden.

Das vorige Codebeispiel sieht mit einer `for`-Schleife folgendermassen aus:

```
public void zahlenAusgeben2() {
    for (int i=0; i<10; i++) {
        System.out.println(i);
    }
}
```

Der Schleifenkopf enthält jetzt sowohl die Schleifenvariable mit deren Initialisierung, die Fortsetzungsbedingung, als auch die Modifikation der Schleifenvariable. Rein syntaktisch wäre auch `double` als Typ der Schleifenvariable zulässig, dies ist aber nicht sinnvoll, und nahezu immer ein Fehler! Nach dem ersten ";" folgt die Bedingung unter der die Schleife erneut durchlaufen werden soll. Auch komplexere boole'sche Ausdrücke sind hier zulässig, aber selten notwendig. Nach dem zweiten ";" wird die Schleifenvariable modifiziert. Man könnte hier zum Beispiel auch schreiben `i += 2` oder `i -= 4`, aber in den meisten Fällen tritt hier entweder `i++` (Inkrementieren um 1) oder `i--` (Dekrementieren um 1) auf.

Codebeispiele

Beispiel Rechteck mit Diagonale

In diesem Beispiel soll eine Klasse `Quadrat` entwickelt werden, die ein Quadrat mit einer Diagonale von links oben nach rechts unten auf der Konsole ausgeben kann:

```
##########
##       #
# #      #
#  #     #
#   #    #
#    #   #
#     #  #
#      # #
#       ##
#        #
##########
```

Je nach verwendeter Schriftart sieht die Darstellung mehr oder weniger quadratisch aus – meist eher weniger. Aber die Anzahl der Zeichen pro Zeile entspricht jedenfalls der Anzahl der Zeilen. Die Klasse `Quadrat` enthält zunächst `laenge` als Eigenschaft, zu den Konstruktoren und Get/Set-Methoden ist nichts weiteres anzumerken. Die Methode `printQuadrat` gibt das Quadrat dann auf der Konsole aus. Hierzu werden zwei Schleifen verwendet, die durch die Zeilen und Spalten iterieren. Die If-Bedingung prüft nun ob das Zeichen "#" oder ein Leerzeichen " " zu zeichnen ist. Das Zeichnen des Leerzeichens ist hier unbedingt notwendig, da der rechte Rand des Quadrates ja durch diese Leerzeichen vom linken Rand getrennt ist. Ein "#"-Zeichen soll gesetzt werden, wenn wir uns in der ersten oder letzten Zeile befinden (also `zeile == 0` oder `zeile == laenge-1`), oder wenn wir uns in der ersten oder letzten Spalte befinden (also `spalte == 0` oder `spalte == laenge-1`). Zusätzlich soll das Zeichen in die Diagonale gesetzt werden, was genau dann gegeben ist, wenn der Zeilenindex dem Spaltenindex entspricht (`zeile == spalte`).

```
public class Quadrat {

    private int laenge;
```

```
    public Quadrat() {
        setLaenge(10);
    }

    public Quadrat(int laenge) {
        setLaenge(laenge);
    }

    public int getLaenge() {
        return laenge;
    }

    public void setLaenge(int laenge) {
        if (laenge > 0 && laenge < 100) {
            this.laenge = laenge;
        } else {
            System.out.println("Fehler: ungueltige Laenge: " + laenge);
        }
    }

    public void printQuadrat() {
        int zeile = 0;
        while (zeile < laenge) {
            int spalte = 0;
            while (spalte < laenge) {
                if (zeile == 0 || zeile == laenge-1
                    || spalte == 0 || spalte == laenge-1
                    || zeile == spalte)
                {
                    System.out.print("#");
                } else {
                    System.out.print(" ");
                }
                spalte++;
            }
            System.out.println();
            zeile++;
        }
    }

}
```

Als Übungsaufgabe kann man nun folgende Änderung vornehmen (versuchen Sie dies selbst zu implementieren). Eine weitere Methode `printQuadrat2` soll statt der Diagonale von links oben nach rechts unten die andere Diagonale zeichen, also von rechts oben nach links unten. Dabei soll für die Diagonale das Zeichen "*" verwendet werden. Der Code zu dieser adaptierten Aufgabe sieht wie folgt aus:

```
    public void printQuadrat2() {
        int zeile = 0;
        while (zeile < laenge) {
            int spalte = 0;
            while (spalte < laenge) {
                if (zeile == 0 || zeile == laenge-1
                    || spalte == 0 || spalte == laenge-1)
                {
```

```
                System.out.print("#");
            } else if (spalte == laenge-1-zeile) {
                System.out.print("*");
            } else {
                System.out.print(" ");
            }
            spalte++;
        }
        System.out.println();
        zeile++;
    }
}
```

Beispiel Rechteck mit Code-Wiederverwendung

Das folgende Codebeispiel demonstriert die Anwendung der bisherigen Sprachelemente: Klassen, Methoden, Parameter, lokale Variablen, Bedingungen und Schleifen. Die grundlegende Anforderung ist, Rechtecke und Quadrate auf die Konsole zu zeichnen. Beispiele:

```
###########
#.........#
#.........#
###########
```

oder

```
@@@@@@@@@@@@@@@@@@
@__________________@
@__________________@
@__________________@
@__________________@
@__________________@
@__________________@
@@@@@@@@@@@@@@@@@@
```

Die Größe soll also flexibel über die Parameter einstellbar sein ("parametrierbar sein"). Anhand dieses Beispiels soll nun auch das Konzept der *Code-Wiederverwendung* vorgestellt werden. Beim Programmieren sollte man stets versuchen bestimmte Teilaufgaben nicht mehrfach zu implementieren. Dies stellt nicht nur Mehrarbeit bei der Entwicklung dar, sondern führt auch zum Problem, dass etwaige spätere Änderungen an mehreren Stellen im Code konsistent durchgeführt werden müssten. Wenn gleiche oder ähnliche Codefragmente mehrfach im Code (eines Programmes) auftreten, ist dies nahezu immer ein Indiz für schlechtes Design.

Das Prinzip der Code-Wiederverwendung sagt, dass schon implementierte Codestücke (in Methoden) nach Möglichkeit überall dort wiederverwendet werden sollen, wo sie als Teilaufgabe einer anderen (größeren) Aufgabe auftreten. Dies erhöht die Flexibilität im Programm, erleichtert es Änderungen im Programm vorzunehmen, und gestaltet das Programm schließlich auch lesbarer und verständlicher.

Wir wollen die Code-Wiederverwendung nun anhand des Beispiels der Rechtecke (vom Beginn dieses Abschnittes) erläutern. Das Zeichnen eines Rechteckes beinhaltet als Teilaufgabe das Zeichnen eine Zeile. Diese Zeile enthält im Falle der ersten oder letzten Zeile des Rechteckes lauter gleiche Zeichen, die anderen Zeilen haben links und rechts außen andere Zeichen als in der Mitte. Das Zeichnen eines *eingerückten* Rechteckes beinhaltet das Zeichnen von *eingerückten* Zeilen als Teilaufgabe.

Im folgenden Code wurden zunächst Methoden für das Zeichnen von Linien angegebener Länge (`laenge`) mit Einrückung (`offset`) und vorgegebenen Zeichen für den Rand und den Bereich dazwischen entworfen. Diese Methoden können und sollen in einer Testklasse getestet werden. Und dies völlig unabhängig von der eigentlichen umfangreicheren Aufgabestellung des Zeichnen eines Rechtecks. Die Methoden zum Zeichnen des Rechteckes rufen dann die Methoden `zeichneLinie` mit entsprechenden Parametern auf. Dies

erhöht die Lesbarkeit der Methode `zeichneQuadrat` erheblich da auf innersten Einrückungsebene keine komplizierten Schleifen und Bedingungen zu finden sind, sondern einfach ein selbsterklärender Aufruf der Methode `zeichneLinie`.

```
public class SchleifenDemo {

    public SchleifenDemo() {
    }

    public void zeichneLinie(int offset, int laenge) {
        zeichneLinie(offset, laenge, '*', '#');
    }

    public void zeichneLinie(int offset, int laenge, char zeichen, char rand) {
        if (offset >= 0) {
            int zaehler = 0;
            while (zaehler < offset) {
                System.out.print(" ");
                zaehler++;
            }
        } else {
            System.out.println("Ungueltiger Offset: " + offset);
        }
        if (laenge >= 0) {
            int zaehler = 0;
            while (zaehler < laenge) {
                if (zaehler == 0 || zaehler == laenge-1) {
                    System.out.print(rand + " ");
                } else {
                    System.out.print(zeichen + " ");
                }
                zaehler++; // zaehler = zaehler + 1;
            }
            System.out.println(); // Zeilenumbruch
        } else {
            System.out.println("Fehler: laenge ungueltig: " + laenge);
        }
    }

    // offset = horizontale Einrueckung
    public void zeichneRechteck(int offset, int laenge, int hoehe, char zeichen, char rand) {
        if (laenge >= 0 && hoehe >=0) {
            int zeile = 0;
            while (zeile < hoehe) {
                if (zeile == 0 || zeile == hoehe-1) {
                    zeichneLinie(offset, laenge, rand, rand);
                } else {
                    zeichneLinie(offset, laenge, zeichen, rand);
                }
                zeile++;
            }
        } else {
            System.out.println("Fehler, ungueltige laenge oder hoehe: " + laenge + ", " + hoehe);
        }
```

```
    }

}
```

Das Gliedern des Codes in unabhängige Teilaufgaben erhöht nicht nur die Übersichtlichkeit und Lesbarkeit, sondern ist auch robuster gegenüber potentiellen Änderungen im Programmcode (die dann nicht an mehreren Stellen konsistent durchgeführt werden müssen), und vor allem besser zu testen. So kann im konkreten Fall das Zeichnen einer Linie separat getestet werden. Beim Testen der Methode zum Zeichnen eines Rechteckes kann dann schon angenommen werden, dass das Zeichnen einer Linie funktioniert.

Das Beispiel veranschaulicht auch den sinnvollen Einsatz des Überladens von Methoden. Zur Wiederholung: Überladen bedeutet, es gibt mehrere Methoden mit gleichem Namen, die sich aber in der Signatur unterscheiden. Im konkreten Fall gibt es die Methode `zeichneLinie(int offset, int laenge, char zeichen, char rand)` mit Parametern für die Einrückung, die Länge, das Zeichen (in der Mitte) und das Rand-Zeichen. Die Methode `zeichneLinie(int offset, int laenge)` hat nur zwei Parameter; die Zeichen selbst können hier nicht frei gewählt werden. Hingegen enthält der Methodenrumpf nur eine einzelne Zeile, die die andere Methode (mit 4 Parametern) und Standardwerten für die Zeichen aufgerufen wird.

Die Weiterführung dieser Idee ermöglicht nun eine einfach Implementierung einer weiteren Methode zum Zeichnen von Quadraten:

```
public void zeichneQuadrat(int offset, int laenge) {
   zeichneQuadrat(offset, laenge, '.', '#');
}

public void zeichneQuadrat(int offset, int laenge, char zeichen, char rand) {
    zeichneRechteck(offset, laenge, laenge, zeichen, rand);
}
```

Diese Methoden rufen wiederrum nur schon vorhande Methoden, jedoch mit speziellen Parameterwerten auf. Insbesondere ist in der zweiten Methode ersichtlich, dass ein Quadrat nur ein Spezialfall eines Rechteckes ist, nämlich mit `laenge` gleich `hoehe`. Anmerkung: von der üblichen Bezeichnung Länge/Breite für die Seitenlängen des Rechteckes wurde hier abgewichen, um die Entsprechung zu `laenge` der Linie hervorzuheben.

Statische Methoden

Die bisher kennengelernten Methoden werden auf Objekten (Objektreferenzen) aufgerufen. Beispiel: zu einer Objektreferenz `Person p1` kann man beispielsweise aufrufen `p1.setName("Max Maier");` oder `p1.printPerson();`. Diese Methoden ändern den Objektzustand (z.B. neuer Name), oder sie geben Informationen zum Objektzustand zurück (z.B. `p1.getName()`), oder sie führen Berechnungen oder Aktionen aus (z.B. `p1.bmiBerechnen()`, bzw. `p1.printPerson()`).

Manchmal möchte man die Methode jedoch nicht direkt dem Objekt zuordnen. Dies ist dann der Fall wenn die Methode sinnvoll verwendet werden kann, ohne dass es überhaupt ein Objekt gibt, oder dass innerhalb der Methode keinerlei Objekteigenschaften verwendet werden. In diesem Fall ist die Methode *nicht* dem Objekt zugeordnet, sondern (nur) der Klasse. Derartige Methoden werden *statische Methoden* genannt.

Wir betrachten als Beispiel eine Klasse `Student` mit den Eigenschaften Name, Matura, Geburtsjahr. Weiters betrachten wir eine Klasse `Kurs`, die einen Kursnamen und bis zu drei Studenten enthält. Analog zum Beispiel `Auto` soll eine Methode in Kurs `aufnehmen(Student student)` einen Studenten aufnehmen, wenn noch ein Platz vorhanden ist, und wenn die Zulassungsvoraussetzungen erfüllt sind. Diese sollen sein, dass der Student eine Matura hat, und das Geburtsjahr vor 2003 liegt. Möglicherweise möchte man schon vor dem (versuchten) Aufnehmen des Studenten prüfen ob der die Zulassungsvoraussetzungen erfüllt sind. Die Methode dazu sieht so aus (alle Eigenschaften und Methoden von `Kurs` wurden hier der Übersicht halber weggelassen):

```
public class Kurs {
```

```
    ...

    public static boolean zulassungMoeglich(Student stud) {
        if (stud != null) {
            if (stud.hasMatura() && stud.getGeburtsjahr() < 2003) {
                return true;
            }
        } else {
            // TODO Fehlermeldung ausgeben
        }
        return false;
    }
}
```

Beachten Sie, dass hier keinerlei Objekteigenschaften von `Kurs` verwendet werden. Die Methode funktioniert auch unabhängig von konkreten Objekten. Das Schlüsselwort *`static`* gibt an, dass die Methode auch ohne Objekt aufgerufen werden kann. Anstatt einer Objektreferenz verwendet man hierfür vor dem Punkt einfach den Klassennamen.

```
// in der Testklasse oder sonstigen Klassen
Student std = new Student("Max Maier", true, 2002);
boolean ok = Kurs.zulassungMoeglich(std);
```

Beachten Sie, dass `Kurs` hier die Klasse (und nicht eine Objektreferenz) ist. Aus BlueJ heraus können statische Methoden direkt im Kontextmenü der Klassen aufgerufen werden! Statische Methoden können auch innerhalb der Klasse aufgerufen werden, in der sie definiert wurden. In diesem Fall kann der Klassenname vor dem Methodenaufruf entfallen.

Statische Methoden sollen für Sie zunächst die *absolute Ausnahme* darstellen. Wenngleich viele Aufgabestellungen auch mit statischen Methoden gelöst werden können, ist dies dennoch als schlechtes Design anzusehen.

`main` Methode

Einen wichtigen Spezialfall einer statischen Methode stellt die *Main-Methode* dar. Die Main-Methode definiert den Einstiegspunkt in ein Programm. Wenn also auf einem Server ein Prozess oder Service angestartet wird, oder auf Ihrem Rechner eine Desktop-Anwendung gestartet wird, so geschieht dies immer über die Main-Methode. In jedem Programm kann es folglich nur eine Main-Methode geben, da der Einstiegspunkt beim Programmstart eindeutig definiert sein muss. Das folgende Codestück enthält eine derartige Main-Methode:

```
public class Programm {

    public static void main(String[] args) {
        // z.B. Kursverwaltung kv = new Kursverwaltung();
        //      kv.start();
    }

}
```

Innerhalb der Main-Methode kann z.B. eine Benutzeroberfläche einer Kursverwaltung angestartet werden, wie im Beispiel in den Kommentaren angemerkt. Die Main-Methode enthält einen Parameter (eine "Liste" an Argumenten) die vom Betriebssystem oder der Entwicklungsumgebung an das Programm übergeben werden können. Das kann zum Beispiel eine zu öffnenden Datei, oder Parameter zur Konfiguration des Programmes sein.

Weitere wichtige Klassen

Die Klasse `String`, als wichtiger Bestandteil der Java-Klassenbibliothek, wurde schon vorgestellt. Im Folgenden werden zwei weitere wichtige Klassen grob vorangestellt.

Klasse `Math`

Die Methoden der Klasse `Math` sind alle *statisch*, es werden also generell keine Instanzen von `Math` erzeugt. Die folgende Auflistung ist nicht annähernd vollständig, sondern soll nur einen groben Einblick in die Vielfalt der vorhandenen Methoden geben. Sehen Sie sich aber auf jedenfall die Javadoc zu dieser Klasse an!

- `static double abs(double a)`: retourniert Absolutbetrag zu `a`
- `static double cos(double a)`
- `static double sin(double a)`
- `static double log(double a)`: Berechnet den natürlichen Logarithmus von a
- `static double exp(double a)`: Berechnet die Exponentialfunktion zur Basis der eulerschen Zahl
- `static double ceil(double a)`: Aufrunden von a
- `static double floot(double a)`: Abrunden von a
- `static double sqrt(double a)`: Quadratwurzel von a

`Random`

Die Klasse `Random` enthält den Zufallszahlengenerator der Java-Bibliothek. Genau genommen handelt es sich um *Pseudo-Zufallszahlen*, also Zahlen die ähnliche Eigenschaften wie tatsächliche Zufallszahlen haben, also von echten Zufallszahlen kaum unterscheidbar sind. Der Computer selbst ist aber eine deterministisch arbeitende Maschine auf der kein *echter* Zufall existiert. Für die meisten Zwecke sind diese Pseudo-Zufallszahlen jedoch absolut ausreichend.

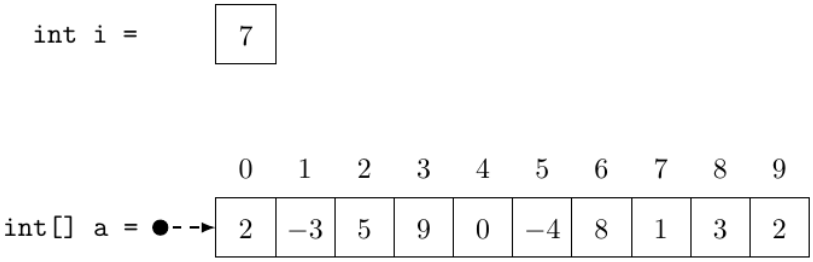
Um die Klasse `Random` verwenden zu können, muss diese zunächst importiert werden. Dies geschieht mitttels

```
import java.util.Random;
```

am Beginn einer Klasse (in der sie verwendet wird).

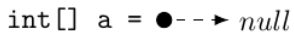
Arrays

Bisher haben wir den Fall kennengelernt, von bestimmten Datentypen jeweils einen Wert zu verwenden. Dies wird durch eine lokale Variable oder eine Objekteigenschaft umgesetzt. Möchte man beispielsweise einen ganzzahligen Wert speichern, so geschieht dies durch die Deklaration `int i;`, was bewirkt, dass im Speicher der Platz für genau einen Integer-Wert angelegt wird, welcher dann über die Variable `i` angesprochen werden kann. Oft benötigt man jedoch gleich mehrere Werte des selben Datentyps. Als Beispiel seien Messwerte (z.B. für Temperatur oder Luftfeuchtigkeit) genannt. Hierbei benötigt man meist nicht nur ein oder zwei Messwerte, sondern ganze *Messreihen*. Als anderes Beispiele sei eine Personalverwaltung genannt, bei der eine Klasse `Firma` Objektreferenzen auf `Mitarbeiter` enthält, also mehrere Mitarbeiter einer Firma zugeordnet sind. Auch hierbei möchte man sich nicht auf ein, zwei oder einige wenige Mitarbeiter festlegen; die Firma soll eine beliebige Zahl von Mitarbeitern enthalten können. Derartige Anforderungen motivieren das Sprachkonstrukt von *Arrays*. Ein Array ist ein "Feld" oder eine Anordnung mehrerer Werte des selben Datentyps, wobei die konkreten Elemente des Arrays mittels *Index* angesprochen werden. Der Index gibt also die jeweilige Position im Array an, wobei zu beachten ist, dass immer mit 0 zu zählen begonnen wird. Das erste Element hat also Index 0, das zweite Element hat Index 1, usw.



Die Abbildung verdeutlicht den Unterschied von Arrays zu Variablen. Die Variable `i` enthält einen einzigen Wert, während das Array `a` mehrere Werte des selben Datentyps (`int` im konkreten Fall) enthält. Zur Deklaration eines Arrays verwendet man den gewünschten Datentyp gefolgt von den eckigen Klammern. Arrays können bezüglich aller primitiven Datentypen, aber auch Referenzdatentypen angewendet werden.

Arrays weisen einige Ähnlichkeiten zu Referenzdatentypen auf. Vor der Verwendung eines Arrays muss dieses zunächst mittels `new` erzeugt werden, vorher ist der Wert `null`.



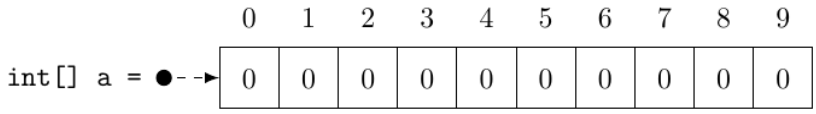
Die obige Abbildung zeigt den Inhalt des Arrays nach dessen Deklaration mit `int[] a;` als lokale Variable. Arrays können genauso für Objekteigenschaften verwendet werden. In diesem Fall hätten wir: `private int[] a;`. Vor der eigentlichen Verwendung des Arrays muss dieses mittels `new` erzeugt werden, wobei auch die Größe des Arrays festgelegt wird. Die Anweisungen lauten insgesamt:

```
int[] a;
a = new int[10];
```

bzw. kann dies bei lokalen Variablen auch in einer Zeile geschrieben werden:

```
int[] a = new int[10];
```

Die Größe wird hierbei mittels eines *Integer-Literals* (also einer "Konstante") auf 10 festgelegt. Alternativ könnte man auch eine Variable, z.B. einen Parameter zur Festlegung der Größe verwenden.

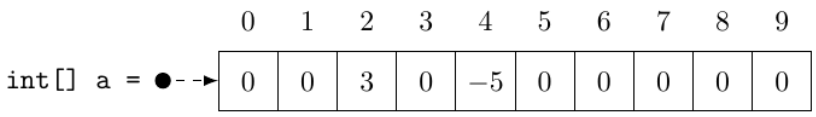


Man beachte, dass die gültigen Indizes immer im Bereich 0 bis Größe minus Eins liegen. Bei Größe 10 ist der kleinste Index 0 und der größte gültige Index 9! Die Inhalte der einzelnen Elemente des Arrays werden zunächst mit 0 festgelegt.

Man kann nun mittels Index auf die konkreten Elemente zugreifen: `a[3]` liefert den Wert des vierten Elementes, `a[0]` den ersten Eintrag des Arrays. Ebenso kann man Zuweisungen vornehmen. Wir weisen dem dritten Platz den Wert 3 und dem 5. Platz den Wert -5 zu:

```
a[2] = 3;
a[4] = -5;
```

Das Array enthält nun folgende Werte:



Würde man im gegebenen Fall auf den Wert `a[10]` zugreifen, oder versuchen einen Wert dort abzuspeichern, bekommt man zur Laufzeit des Programmes einen Fehler. Konkret erhält man eine `ArrayIndexOutOfBoundsException`. Diese tritt immer dann auf, wenn der Index nicht innerhalb des gültigen Bereiches liegt. Bei der Verwendung von Arrays muss also stets geprüft werden ob der verwendete Index gültig ist!

Möchte man alle Werte eines Arrays ausgeben, so kann folgendes Codesstück dazu verwendet werden:

```
for (int i=0; i<a.length; i++) {
    System.out.println(a[i]);
}
```

Dabei liefert `.length` die Größe des Arrays. Innerhalb der Schleife wird der Schleifen-Index `i` dazu verwendet, um auf die Elemente `a[i]` des Arrays zuzugreifen.

Codebeispiel

Im folgenden Codebeispiel sollen mehrere Messwerte der Temperatur (z.B. in Grad Celsius) gespeichert werden. Der parameterlose Konstruktor erzeugt zunächst eine `double`-Array mit 24 Plätzen. Der zweite Konstruktor ermöglicht, die Anzahl der Messwerte mittels Parameter festzulegen. Die Methode `messwerteBefuellen` verwendet den Zufallszahlengenerator, um alle Messwerte im Bereich -20 bis 30 Grad zufällig festzulegen. Die Methode `messen` hat als Parameter einerseits die Temperatur `temp` als auch einen `index`, der die Position festlegt, an welcher der Messwert gespeichert werden soll. Anhand der Methode `temperatur(int index)` kann en konkreter Temperaturwert abgefragt werden. Schließlich ermöglicht noch die Methode `printMessreihe` die formatierte Ausgabe der Messreihe auf die Konsole.

```
import java.util.Random;

public class Messreihe
{
    private double[] temperatur;

    public Messreihe() {
        temperatur = new double[24]; // ein Messwert pro Stunde
    }

    public Messreihe(int anzahlMesswerte) {
        if (anzahlMesswerte > 0) {
            temperatur = new double[anzahlMesswerte];
        } else {
            System.out.println("Fehler, ungueltige Anzahl: " + anzahlMesswerte);
            System.out.println("Erzeuge Array mit 24 Plaetzen");
            temperatur = new double[24];
        }
    }

    public void messwerteBefuellen() {
        Random rand = new Random();
        for (int i=0; i<temperatur.length; i++) {
            temperatur[i] = 50.0 * rand.nextDouble() - 20.0;
```

```
        }
    }

    public void messen(double temp, int index) {
        if (index >= 0 && index < temperatur.length) {
            if (temp > -100 && temp < 80) {
                temperatur[index] = temp;
            } else {
                System.out.println("Ungueltiger Messwert: " + temp);
            }
        } else {
            System.out.println("Fehler, ungueltiger index: " + index);
        }
    }

    public double temperatur(int index) {
        if (index >= 0 && index < temperatur.length) {
            return temperatur[index];
        } else {
            System.out.println("Fehler, ungueltiger index: " + index);
            return -1;
        }
    }

    public void printMessreihe() {
        System.out.println("Messreihe: ");

        for (int i=0; i<temperatur.length; i++) {
            System.out.println(i + ": " + temperatur[i]);
        }

        System.out.println();
    }
}
```

Nun sollen weitere Methoden hinzugefügt werden, die das Temperaturminimum, das Temperaturmaximum sowie die Durchschnittstemperatur ermitteln. Dies geschieht mit Hilfe von Schleifen und lokalen Variablen.

```
    public double temperaturMinimum() {
        double x = temperatur[0];
        for (int i=1; i<temperatur.length; i++) {
            if (temperatur[i] < x) {
                x = temperatur[i];
            }
        }
        return x;
    }

    public double temperaturMaximum() {
        double x = temperatur[0];
        for (int i=1; i<temperatur.length; i++) {
            if (temperatur[i] > x) {
                x = temperatur[i];
            }
        }
```

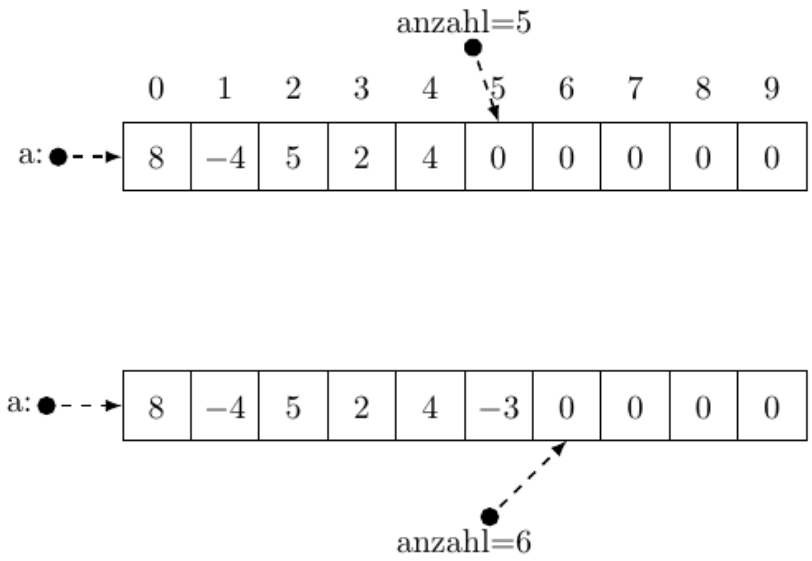
```
        return x;
    }

    public double durchschnittsTemperatur() {
        double summe = 0.0;
        for (int i=0; i<temperatur.length; i++) {
            summe += temperatur[i];
        }

        return summe/temperatur.length;
    }
```

********** TEIL 2 **********

Arrays: Hinzufügen, Einfügen und Entfernen

Bei der Verwendung von Arrays muss die Größe des Arrays bei der Erzeugung (z.B. `new int[10]`) festgelegt werden. Die Größe des Arrays kann im Nachhinein nicht verändert werden. Häufig möchte man jedoch zur Laufzeit Werte hinzufügen oder löschen (z.B. in einem Programm das laufend Messwerte erfasst). Die Lösung hierzu ist, zunächst ein Array mit der Maximalanzahl der zulässigen Werte anzulegen, und im Programm zusätzlich zu speichern wieviele Werte aktuell mit *fachlich gültigen Werten* befüllt sind. Dies kann mit einer zusätzlichen `int`-Variablen geschehen, die diese Information enthält. Diese Variable enthält den Index des ersten unbenutzten Platzes im Array, oder in anderen Worten die *Anzahl der gültigen Werte* im Array. Wir werden diese Variable deshalb `anzahl` nennen, man könnte sie jedoch auch mit `next` bezeichnen.

Die folgende Abbildung zeigt das Array, das zunächst mit 5 Werten befüllt. Die Indizes mit gültig befüllten Werten sind also 0 bis 4. Da die Anzahl der Elemente 5 ist, ist 5 gleichzeitig auch der Index der Stelle an die das nächste Element eingefügt werden kann. Soll nun ein neuer Wert (nämlich -3) eingefügt werden, so wird dieser an der Stelle mit Index 5 eingefügt. Dies ist im unteren Teil der Abbildung zu sehen. Die Variable `anzahl` muss ebenso erhöht (inkrementiert) werden.

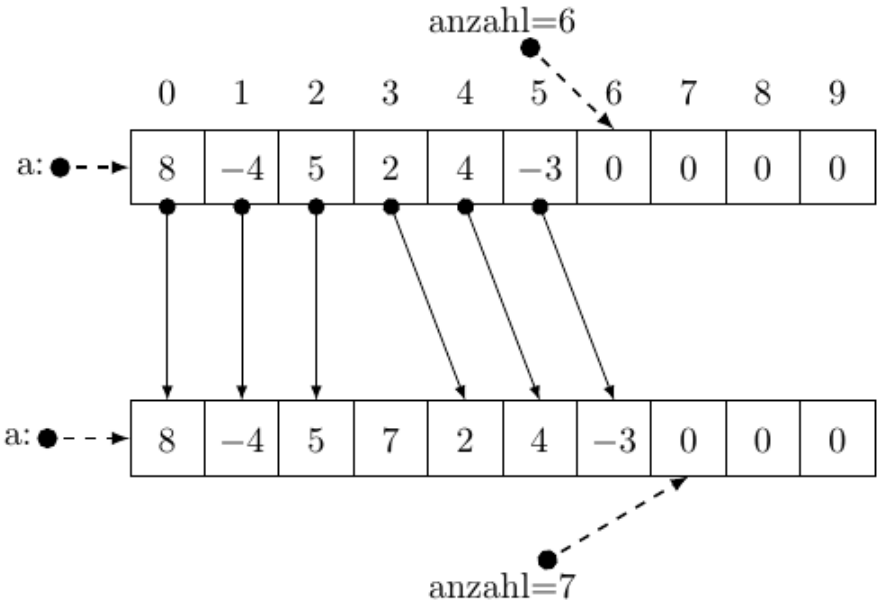


Natürlich ist beim Hinzufügen in ein Array stets zu prüfen, ob überhaupt noch Platz im Array vorhanden ist. Dies ist genau dann der Fall, wenn `anzahl < a.length` (Array mit Bezeichnung `a`). Der Code einer Methode zum Hinzufügen eines Elementes in ein Array kann somit wie folgt aussehen:

```
    public void hinzufuegen(int wert) {
```

```
        if (wert > -100 && wert < 100) { // Parameterpruefung
            if (anzahl < a.length) {
                a[anzahl] = wert;
                anzahl++;
                // Anmerkung: kuerzer, in einer Zeile: a[anzahl++] = wert;
            } else {
                System.out.println("Array voll");
            }
        } else {
            System.out.println("Ungueltiger Wert: " + wert);
        }
    }
```

Wir betrachten nun die Situation, dass ein Wert an einer bestimmten Stelle ins Array eingefügt werden soll. Ein zusäzlicher Parameter `index` gibt diese Stelle an. Hier ist zu beachten, dass alle Werte, die sich nach dieser Stelle befinden, um eine Stelle nach hinten verschoben werden müssen. Die folgende Abbildung zeigt das Einfügen des Wertes 7 an die Stelle mit Index 3 (also die vierte Stelle).



Die Pfeile in der Abbildung deuten das Verschieben der nachfolgenden Werte um eine Stelle an. Diese Logik muss jedoch ausprogrammiert werden. Das Verschieben erfolgt von hinten nach vorne, da man sonst Werte überschreiben würden. Die zugehörige Programmlogik ist schon etwas komplexer:

```
    public void einfuegen(int wert, int index) {
        if (wert > -100 && wert < 100) { // Parameterpruefung
            if (anzahl < a.length) {
                if (index >= 0 && index < anzahl) {

                    for (int i=anzahl; i > index; i--) {
                        a[i] = a[i-1];
                    }
                    anzahl++;
                    a[index] = wert;

                } else {
                    System.out.println("Ungueltiger Index: " + index);
```

```
            }
        } else {
            System.out.println("Array voll");
        }
    } else {
        System.out.println("Ungueltiger Wert: " + wert);
    }
}
```

Da derartige Operationen zum Hinzufügen, Entfernen und Einfügen von Elementen in Arrays häufig auftreten, bietet Java fertige Komponenten, die eine solche Programmlogik bereits beinhalten. Diese Komponenten werden wir jedoch erst zu einem späteren Zeitpunkt verwenden. Zunächst soll anhand derartiger Operationen der Umgang mit Arrays und das damit verbundene Verständnis für die algorithmische Vorgehensweise und die resultierende Anzahl an elementaren Operationen im Array vertieft und gefestigt werden.

Codebeispiel

```
public class Array
{
    private int[] werte;
    private int anzahl;

    public Array(int groesse) {
        if (groesse > 0) {
            werte = new int[groesse];
            anzahl = 0;
        } else {
            System.out.println("Fehler, ungueltige Groesse");
        }
    }

    public int getAnzahl() {
        return anzahl;
    }

    // ACHTUNG! Auf keinen Fall eine derartige Methode implementieren!
    // public int[] getWerte() {  }
    // ... Wuerde interne Logik der Klasse beeintraechtigen,
    // z.B. Wertebereiche verletzen, etc.

    public int wert(int index) {
        if (index >= 0 && index <= anzahl) {
            return werte[index];
        } else {
            System.out.println("Fehler, ungueltiger Index: " + index);
            return -1; // unschoen... spaeter machen wir es besser ;-)  (-> Exceptions)
        }
    }

    public void hinzufuegen(int wert) {
        if (wert >= -100 && wert <= 100) {
            if (anzahl < werte.length) {
                werte[anzahl++] = wert;
            } else {
                System.out.println("Fehler: Array voll!");
```

```
        }
    } else {
        System.out.println("Fehler: ungueltiger Wert: " + wert);
    }
}

public void einfuegen(int index, int wert) {
    if (wert >= -100 && wert <= 100) {
        if (index >= 0 && index <= anzahl) {
            if (anzahl < werte.length) {
                for (int i=anzahl; i>index; i--) {
                    werte[i] = werte[i-1];
                }
                werte[index] = wert;
                anzahl++;
            } else {
                System.out.println("Fehler: Array voll!");
            }
        } else {
            System.out.println("Fehler, ungueltiger Index: " + index);
        }
    } else {
        System.out.println("Fehler: ungueltiger Wert: " + wert);
    }
}

public void entfernen(int index) {
    // Parameterpruefungen
    if (index >= 0 && index < anzahl) {
        for (int i=index; i < anzahl-1; i++) {
            werte[i] = werte[i+1];
        }
        anzahl--;
    } else {
        System.out.println("Fehler, ungueltiger Index: " + index);
    }
}

public void print() {
    // System.out.println(this.toString());
    // oder kuerzer:
    System.out.println(this);
}

public String toString() {
    String str = "Werte: ";
    if (anzahl > 0) {
        for (int i=0; i<anzahl; i++) {
            if (i > 0) {
                str += ", ";
            }
            str += werte[i];
        }
    } else {
```

```
            str += " keine Werte vorhanden.";
        }
        return str;
    }
}
```

Die Methode `hinzufügen` fügt den übergebenen Wert nach der erfolgten Parameterprüfung am Ende der gültigen Werte in das Array ein, sofern noch Platz vorhanden ist. Die Zuweisung `werte[anzahl++] = wert;` weist den Wert im Array an der Stelle `anzahl` zu, anschließend (!) wird `anzahl` um eins erhöht (inkrementiert).

Die Methode `einfuegen` fügt den übergebenen `wert` an der Stelle `index` im Array ein. Hier ist es nun notwendig die im vorigen Abschnitt beschriebene Herangehensweise zum Verschieben der nachfolgenden Inhalte (Werte) des Arrays umzusetzen. Nach erfolgreicher Parameterprüfung wird das Array von hinten nach vorne durchlaufen, und die Inhalte um jeweils einen Platz weiter nach hinten "verschoben" (eigentlich kopiert). Dies wird bis zur Stelle `index + 1` durchgeführt, und abschließend `wert` an die Stelle `index` gesetzt und `anzahl` inkrementiert.

Methode: toString

Im Zuge dieses Codebeispiels wurde erstmals eine spezielle Methode `String toString()` verwendet. Diese Methode wird verwendet um eine Darstellung des Objektes als reiner Text zu erhalten. Im konkreten Fall werden (nach der Fallunterscheidung ob überhaupt fachlich gültige Werte im Array vorhanden sind) mittels einer Schleife die Werte des Arrays in einen String geschrieben. Dieser String (Variable `str`) wird am Ende der Methode retourniert. Beachten Sie den Unterschied zwischen der print-Methode und der `toString`-Methode. Erstere schreibt eine textuelle Darstellung des Objektes auf die Konsole, während letztere einen String mit dem Inhalt des Objektes erstellt und retourniert. Inhalte die lediglich mittels `System.out.println` auf die Konsole geschrieben werden können innerhalb des Programmes *nicht* weiterverarbeitet werden. Im Gegensatz dazu kann der Rückgabewert der `toString`-Methode auch in anderen Objekten/Klassen verwendet werden.

Möchte man nun die textuelle Darstellung des Objektes von `toString` auf die Konsole schreiben, kann die entsprechende `print`-Methode eben diese `toString`-Methode verwenden, indem `toString()` in Kombination mit `System.out.println` verwendet wird. Es ist jedoch gar nicht notwendig `toString` *explizit* aufzurufen. Übergibt man an `System.out.println` lediglich eine Objektreferenz (`this` innerhalb der Klasse), so erkennt die Laufzeitumgebung automatisch, dass hier ein `String` benötigt wird, und ruft selbst die `toString`-Methode auf.

Sortier-Algorithmen

Das Sortieren von Inhalten in Arrays stellt einen häufigen Anwendungsfall in der Programmierung dar. Nahezu alle Programmiersprachen bieten dafür bereits vorgefertigte Methoden. An dieser Stelle werden einfache Sortier-Algorithmen vorgestellt und verglichen. Dies soll das Verständnis für Algorithmen und den Umgang mit Arrays weiter vertiefen.

Ausgangssituation ist also ein Array, befüllt mit Zahlen in beliebiger Reihenfolge. Ziel ist nun diese Zahlen innerhalb des Arrays aufsteigend zu sortieren.

Bubble-Sort

Bubble-Sort ist das konzeptuell einfachste Sortierverfahren. Die Grundidee dabei ist, das Array zu durchlaufen und zwei jeweils benachbarte Elemente zu vertauschen wenn das erste Element größer als das zweite Element ist. Dieser Vorgang muss solange wiederholt werden, bis alle Zahlen sortiert sind.

Selection-Sort

Bei Selection-Sort wird das Array in einer äußeren Schleife durchlaufen, wobei in jedem Schritt an die aktuelle Stelle der richtige Wert gesetzt wird. Dieser Wert wird gefunden, indem man das kleinste Element der weiter hinten liegenden Plätze im Array sucht. Dadurch entsteht schrittweise ein schon sortierter Bereich am Anfang des Arrays.

Insertion-Sort

Ein weiteres Verfahren namens Insertion-Sort funktioniert ähnlich wie das Sortieren von Spielkarten in der Hand. Links befinden sich dabei die schon sortierten Elemente, danach die verbleibenden noch unsortierten Elemente. In jedem Schritt wird das nächste Element aus dem unsortierten Bereich gewählt, und in den schon sortierten Bereich korrekt eingefügt.

Neben den genannten Sortieralgorithmen existieren weitaus bessere Verfahren, die insbesondere bei großen Datenmengen weitaus schneller sind, da sie weniger Vergleichsoperationen und Vertauschungen durchführen. Diese sind namentlich Quicksort und Merge-Sort. Da sie jedoch konzeptuell schwieriger sind, und auch fortgeschrittenere Progammiertechniken benötigen, werden sie an dieser Stelle nicht weiter behandelt.

Für eine umfassende Darstellung verschiedenster Sortieralgorithmen und deren Analyse sei hier auf https://www.happycoders.eu/de/algorithmen/sortieralgorithmen/ verwiesen.

```
import java.util.Random;

public class Sortieren {

    private int[] originalWerte = { 3, 9, 7, 1, 4, -5, 0, 8, 6, 9 };
    private int[] werte;

    public Sortieren() {
        reset();
    }

    public void randomInit(int n) {
        originalWerte = new int[n];
        Random rnd = new Random();
        for (int i=0; i<originalWerte.length; i++) {
            originalWerte[i] = rnd.nextInt(1000);
        }
    }

    public void reset() {
        werte = new int[originalWerte.length];
        for (int i=0; i<werte.length; i++) {
            werte[i] = originalWerte[i];
        }
    }

    public void sortieren() {
        randomInit(10000);

        reset();
        bubbleSort();

        reset();
```

```
    selectionSort();

    reset();
    insertionSort();
}

public void bubbleSort() {
    System.out.print("Bubble Sort... ");
    long startTime = System.currentTimeMillis();
    boolean getauscht = false;
    do {
        getauscht = false;
        // printWerte();
        for (int i=0; i<werte.length-1; i++) {
            if (werte[i] > werte[i+1]) {
                tauschen(i, i+1);
                // printWerte();
                getauscht = true;
            }
        }
        // System.out.println();
    } while (getauscht);
    long endTime = System.currentTimeMillis();
    System.out.println((endTime - startTime) + " ms");
}

public void selectionSort() {
    System.out.print("Selection Sort... ");
    long startTime = System.currentTimeMillis();
    for (int i=0; i<werte.length; i++) {
        int jMin = i; // wir speichern die Position des kleinsten
                      // Elementes (der verbleibenden Elemente)
        for (int j=i+1; j<werte.length; j++) {
            if (werte[j] < werte[jMin]) {
                jMin = j;
            }
        }

        tauschen(i, jMin);
    }
    long endTime = System.currentTimeMillis();
    System.out.println((endTime - startTime) + " ms");
}

public void insertionSort() {
    System.out.print("Insertion Sort... ");
    long startTime = System.currentTimeMillis();
    for (int i=1; i<werte.length; i++) {
        for (int j=i; j>0; j--) {
            if (werte[j] < werte[j-1]) {
                tauschen(j, j-1);
            }
        }
    }
```

```
        long endTime = System.currentTimeMillis();
        System.out.println((endTime - startTime) + " ms");
    }

    public void tauschen(int i, int j) {
        if (i >= 0 && i < werte.length && j >= 0 && j < werte.length /*&& i != j*/) {
            int tmp = werte[i];
            werte[i] = werte[j];
            werte[j] = tmp;
        } else {
            System.out.println("Ungueltige(r) Parameter: " + i + ", " + j);
        }
    }

    public void printWerte() {
        // System.out.println(this.toString());
        System.out.println(this);
    }

    public String toString() {
        String str = "Werte: ";
        // wir zeigen zur Veranschaulichung den gesamten Inhalt an.
        // eigentlich waere i<anzahl richtiger.
        for (int i=0; i<werte.length; i++) {
            if (i > 0) {
                str += ", ";
            }
            str += werte[i];
        }
        return str;
    }

}
```

In dieser Klasse wird zunächst das Array `originalWerte` befüllt. Dessen Inhalt wird dann vor der Ausführung der jeweiligen Algorithmen in `werte` kopiert, damit für alle Verfahren die selbe Datengrundlage vorliegt.

Mit folgendem Code kann die Laufzeit des Programmes gemessen werden:

```
long startTime = System.currentTimeMillis();
// Ausführung des Codes dessen Laufzeit gemessen werden soll
long endTime = System.currentTimeMillis();
long searchTime = endTime - startTime;
```

Im obigen Projekt erhält man für Arrays mit 10000 zufällig generierten Werten folgende Laufzeiten:

```
Bubble Sort... 294 ms
Selection Sort... 120 ms
Insertion Sort... 129 ms
```

Man erkennt, dass Selection Sort und Insertion Sort dem einfacheren Bubble Sort deutlich überlegen sind.

Objekt-Arrays

Objekt-Arrays enthalten als Werte keine primitiven Datentypen, sondern *Objektreferenzen*. Objekt-Arrays können nahezu gleich wie Arrays von primitiven Datentypen verwendet werden. Der wesentliche Unterschied

ist, dass die Werte auch `null` sein können.

Code-Beispiel

Dieses Codebeispiel zeigt eine Implementierung eines Marktes mit verschiedenen Marktständen (Klasse: `Stand`). Der Markt selbst hat ein Array an Marktständen als Eigenschaften (`staende`), sowie Name und Stadt. Der Stand hat ebenfalls einen Namen, sowie ein Boole'sches Attribut essen, das angibt, ob es sich um einen Essensstand handelt.

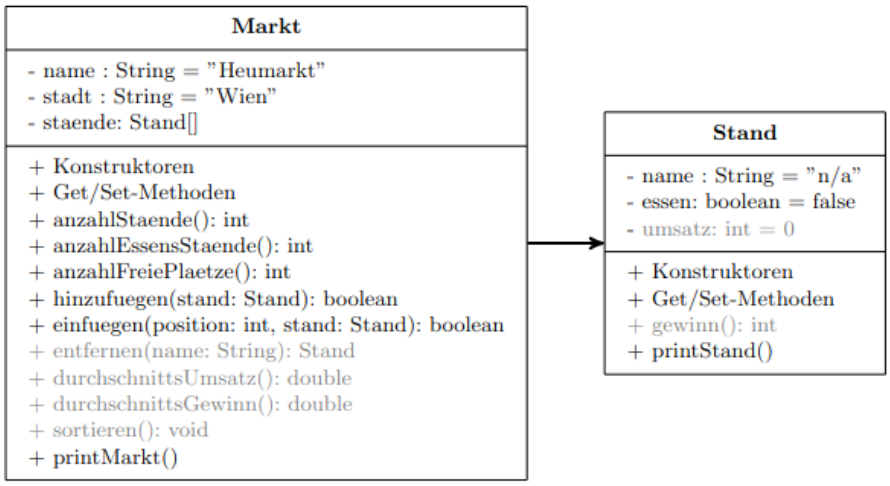


Figure 1: UML-Diagramm: Markt -> Stand

```
public class Stand {

    private String name;
    private boolean essen;
    private int umsatz;

    public Stand() {
        setName("n/a");
        setEssen(false);
        setUmsatz(0);
    }

    public Stand(String name) {
        if (name != null) {
            setName(name);
        } else {
            System.out.println("Fehler: Name ist null");
        }
        setEssen(false);
        setUmsatz(0);
    }

    public Stand(String name, boolean essen) {
        if (name != null) {
            setName(name);
        } else {
```

```
            System.out.println("Fehler: Name ist null");
        }
        setEssen(essen);
        setUmsatz(0);
    }

    public void setName(String name) {
        if (name != null) {
            this.name = name;
        } else {
            System.out.println("Name ist null");
        }
    }

    public String getName() {
        return name;
    }

    public void setEssen(boolean essen) {
        this.essen = essen;
    }

    public boolean isEssen() {
        return essen;
    }

    public void setUmsatz(int umsatz) {
        if (umsatz >= 0) {
            this.umsatz = umsatz;
        } else {
            System.out.println("Fehler: Ungueltiger Wert fuer Umsatz: " + umsatz);
        }
    }

    public int getUmsatz() {
        return umsatz;
    }

    public int getGewinn() {
        // hier eine Umsetzung zum fuer dieses Beispiel etwas
        // willkürlich definierten Gewinn
        int gewinn = this.umsatz;
        if (this.umsatz > 500) {
            gewinn -= 100;
        }
        return gewinn/2;
    }

    public String toString() {
        String str = name;
        if (essen) {
            str += " (Essensstand), ";
        } else {
            str += " (Marktstand), ";
```

```
        }
        str += " Umsatz: " + getUmsatz();
        return str;
    }

    public void printStand() {
        System.out.println(this); // ruft toString() auf
    }
}
```

Die Methode `hinzufuegen(stand: Stand): boolean` prüft ob ein freier Stellplatz vorhanden ist, und fügt den übergebenen Marktstand am ersten freien Stellplatz ein. Der Rückgabewert gibt an, ob der Stand tatsächlich hinzugefügt werden konnte. Ist das Hinzufügen nicht möglich, so wird zusätzlich eine entsprechende Fehlermeldung auf der Konsole ausgegeben werden. Das Array wird so organisiert, dass keine Lücken entstehen können, d.h. alle `null`-Werte befinden sich am Ende des Arrays. Dies wird analog zum vorangeganenen Beispiel zu `int`-Arrays mittels der Variable `anzahl` in `Markt` erreicht.

```
public class Markt {

    private String name;
    private String stadt;
    private Stand[] staende;

    private int anzahl;

    public Markt() {
        setName("Heumarkt");
        setStadt("Wien");
        staende = new Stand[10];
        anzahl = 0;
    }

    public Markt(String name, String stadt, int anzahl) {
        staende = new Stand[anzahl];
        setName(name);
        setStadt(stadt);
        anzahl = 0;
    }

    public Markt(int anzahl) {
        setName("Heumarkt");
        setStadt("Wien");
        staende = new Stand[anzahl];
        anzahl = 0;
    }

    public void setName(String name) {
        if (name != null) {
            this.name = name;
        } else {
            System.err.println("Ungueltiger Parameter (Name): null");
        }
    }

    public String getName() {
```

```
    return name;
}

public void setStadt(String stadt) {
    if (stadt != null) {
        this.stadt = stadt;
    } else {
        System.err.println("Ungueltiger Parameter (Stadt): null");
    }
}

public String getStadt() {
    return stadt;
}

public int anzahlStaende() {
    return anzahl;
}

public int anzahlEssensStaende() {
    int cnt = 0;
    for (int i=0; i<anzahl; i++) {
        if (staende[i].isEssen()) {
            cnt++;
        }
    }
    return cnt;
}

public int anzahlFreiePlaetze() {
    return staende.length - anzahl;
}

public boolean hinzufuegen(Stand stand) {
    boolean hinzugefuegt = false;
    if (stand != null) {
        if (anzahl < staende.length) { // Platz vorhanden?
            staende[anzahl++] = stand;
            hinzugefuegt = true;
        } else {
            System.out.println("Stand konnte nicht eingefuegt werden, kein Platz vorhanden.");
        }
    } else {
        System.out.println("Fehler: uebergebener Stand ist null.");
    }
    return hinzugefuegt;
}

public boolean einfuegen(int position, Stand stand) {
    boolean hinzugefuegt = false;
    if (stand != null) {
        if (position >= 0 && position <= anzahl) {
            if (anzahlFreiePlaetze() > 0) {
                for (int i=anzahl+1; i>position; i--) {
```

```
                    staende[i] = staende[i-1];
                }
                staende[position] = stand;
                anzahl++;
                hinzugefuegt = true;
            } else {
                System.out.println("Fehler: kein freier Platz vorhanden.");
            }
        } else {
            System.out.println("Fehler: ungueltige position " + position);
        }
    } else {
        System.out.println("Fehler: stand ist null.");
    }
    return hinzugefuegt;
}

// Diese Methode kann zum Entfernen bezueglich Namen verwendet werden
public Stand entfernen(int pos) {
    Stand s = null;
    if (pos >= 0 && pos < anzahl) {
        s = staende[pos];
        staende[pos] = null;

        for (int i=pos; i<anzahl; i++) {
            if (i + 1 < staende.length) {
                staende[i] = staende[i+1];
            } else {
                staende[i] = null;
            }
        }

        anzahl--;
    } else {
        System.out.println("Fehler: ungueltige Position " + pos);
    }

    return s;
}

// ohne Code-Reuse wird die Methode etwas komplizierter...
public Stand entfernen1(String name) {
    Stand stand = null;
    if (name != null) {
        int pos = 0;
        boolean gefunden = false;
        do {
            if (staende[pos].getName().equals(name)) {
                gefunden = true;
            } else {
                pos++;
            }
        } while (!gefunden && pos<anzahl);
```

```
        if (gefunden) {
            stand = staende[pos];
            for (int i=pos; i<anzahl-1; i++) {
                staende[i] = staende[i+1];
            }
            anzahl--;
        } else {
            System.out.println("Markt nicht gefunden");
        }
    } else {
        System.out.println("Fehler: name ist null.");
    }
    return stand;
}

// ... mit Code-Reuse (Aufruf von entfernen(i)) ergibt sich eine wesentlich
// kuerzere und einfachere Implementierung
public Stand entfernen2(String name) {
    if (name != null) {
        for (int i=0; i<anzahl; i++) {
            if (name.equals(staende[i].getName())) {
                return entfernen(i);
            }
        }
        System.out.println("Es wurde kein Stand mit dem uebergebenen Namen gefunden.");
    } else {
        System.out.println("Fehler: name ist null.");
    }
    return null;
}

// Diese Methode ist zwar nicht im UML-Diagramm gegeben,
// erleichtert aber das Testen
public Stand getStand(int idx) {
    if (idx < anzahl) {
        return staende[idx];
    } else {
        return null;
    }
}



public boolean hasStand(Stand stand) {
    if (stand != null) {
        for (int i=0; i<anzahl; i++) {
            if (staende[i] == stand) {
                return true;
            }
        }
    } else {
        System.out.println("Fehler: Stand ist null.");
    }
    return false;
```

```
}

public double durchschnittsUmsatz() {
    double sum = 0;
    for (int i=0; i<anzahl; i++) {
        sum += staende[i].getUmsatz();
    }
    if (anzahl > 0) {
        return sum/anzahl;
    } else {
        System.out.println("Fehler: kein Stand vorhanden.");
        return 0;
    }
}

public double durchschnittsGewinn() {
    double sum = 0;
    for (int i=0; i<anzahl; i++) {
        sum += staende[i].getGewinn();
    }
    if (anzahl > 0) {
        return sum/anzahl;
    } else {
        System.out.println("Fehler: kein Stand vorhanden.");
        return 0;
    }
}

public void sortierenNamen() { // Bubble-Sort
    boolean getauscht = true;
    while (getauscht) {
        getauscht = false;
        for (int i=0; i<anzahl-1; i++) {
            if (staende[i].getName().compareTo(staende[i+1].getName()) > 0) {
                vertausche(i, i+1);
                getauscht = true;
            }
        }
    }
}

public Stand[] sortierenUmsatz() { // Selection-Sort

    Stand[] sortierteStaende = new Stand[anzahl];

    for (int i=0; i<anzahl; i++) {
        sortierteStaende[i] = staende[i];
    }

    for (int i=0; i<anzahl-1; i++) {
        int jMin = i;
        for (int j=i+1; j<anzahl; j++) {
            if (sortierteStaende[j].getUmsatz() < sortierteStaende[jMin].getUmsatz()) {
                jMin = j;
```

```
                }
            }

            if (i != jMin) {
                Stand tmp = sortierteStaende[i];
                sortierteStaende[i] = sortierteStaende[jMin];
                sortierteStaende[jMin] = tmp;
            }

        }

        return sortierteStaende;
    }

    // diese Methode ist "private" weil sie nur von sortieren()
    // aufgerufen werden soll, aber nicht von außerhalb der Klasse!
    private void vertausche(int i, int j) {
        if (i >= 0 && j >= 0 && i < anzahl && j < anzahl) {
            Stand tmp = staende[i];
            staende[i] = staende[j];
            staende[j] = tmp;
        } else {
            System.out.println("Fehler: ungueltige Indizes: i=" + i + ", j=" + j);
        }
    }

    public void printMarkt() {
        System.out.println("Name: " + getName());
        System.out.println("Stadt: "+ getStadt());
        System.out.println("-----------------------------------------------------");
        for (int i=0; i<anzahl; i++) {
            System.out.print("Stand " + (i+1) + ": ");
            if (staende[i] != null) {
                staende[i].printStand();
            } else {
                System.out.println("  LEER  ");
            }
        }
        System.out.println("-----------------------------------------------------");

    }

}
```

Die Methode `Stand entfernen(String name)` wurde in zwei Varianten umgesetzt. `entfernen1` setzt die Anforderung in einer Methode um, wodurch ein etwas komplizierterer Code entsteht. Besser ist die zweite Variante `entfernen2` bei der die Methode `Stand entfernen(int pos)` verwendet wird.

Beidseitige Assoziation

Beim Beispiel Markt - Stand wurde eine *einseitige Assoziation* der beteiligten Objekte umgesetzt. Um UML-Diagramm zeigt der Pfeil von Markt zu Stand an, dass man von einem Objekt des Typs `Markt` zu einem Objekt des Typs `Stand` gelangen kann, jedoch nicht umgekehrt. Hält man im Programm Zugriff auf eine Instanz von `Stand` und möchte feststellen auf welchem Markt dieser steht, so ist das nicht möglich.

Darüber hinaus ergeben sich weitere Probleme. Es wäre beispielsweise möglich ein Stand-Objekt auf mehreren Märkten zu plazieren. Dies ist jedoch nicht das gewünschte Verhalten des Programmes.

Um die angesprochenen Probleme zu beseitigen, kann das Konzept der beidseitigen Assoziation verwendet werden. Der wesentliche Punkt hierbei ist, dass der Stand eine Objekteigenschaft besitzt die auf den Markt verweist, dem er zugeordnet ist (sofern vorhanden). Ist der Stand keinem Markt zugeordnet enthält dieses Attribut den Wert `null`. Der zugehörige Code muss das konsistente Setzen dieses Attributes sicherstellen.

Wir erweitern zunächst die Klasse Stand um die Objekteigenschaft `Markt markt` und die folgenden Methoden:

```
public class Stand {

    // ...

    private Markt markt; // enthaelt Markt auf dem der Stand steht

    public Stand() {
        setName("n/a");
        setEssen(false);
        setUmsatz(0);
        markt = null; // <--- Erweiterung fuer die beidseitige Assoziation
    }

    public Stand(String name) {
        if (name != null) {
            setName(name);
        } else {
            System.out.println("Fehler: Name ist null");
        }
        setEssen(false);
        setUmsatz(0);
        markt = null; // <--- Erweiterung fuer die beidseitige Assoziation
    }

    public Stand(String name, boolean essen) {
        if (name != null) {
            setName(name);
        } else {
            System.out.println("Fehler: Name ist null");
        }
        setEssen(essen);
        setUmsatz(0);
        markt = null; // <--- fuer die beidseitige Assoziation
    }

    public void setMarkt(Markt markt) {
        if (markt != null) {
            if (markt.hasStand(this)) {
                this.markt = markt;
            } else {
                System.out.println("Fehler: Markt kann nicht gesetzt werden, da Stand "
                                   + getName() + " nicht vorhanden in " + markt.getName());
            }
        } else {
            if (this.markt == null || !this.markt.hasStand(this)) {
```

```
                this.markt = null;
            } else {
                System.out.println("Fehler: Kann Markt nicht null setzten, weil Stand "
                                   + getName() + " noch auf Markt " + this.markt.getName()
                                   + " steht.");
            }
        }
    }

    // ...

}
```

Die Methode `setMarkt` stellt sicher, dass der als Parameter übergebene Markt nur dann gesetzt wird, wenn dieser Markt auch tatsächlich diesen Stand enthält. Zum Entfernen eines Marktes wird `null` übergeben. Hierbei wird `this.markt` nur auf `null` gesetzt, wenn der übergebene Markt den Stand (dieses Objektes) nicht enthält.

In der Klasse `Markt` sind Ergänzungen der folgenden Methoden notwendig:

```
public class Markt {

   /// ...

    public boolean hinzufuegen(Stand stand) {
        boolean hinzugefuegt = false;
        if (stand != null) {
            if (anzahl < staende.length) { // Platz vorhanden?
                if (stand.getMarkt() == null) { // beidseitige Assoziation
                    staende[anzahl++] = stand;
                    stand.setMarkt(this); // beidseitige Assoziation

                    hinzugefuegt = true;
                } else {
                    System.out.println("Stand steht schon auf Markt " + stand.getMarkt().getName());
                }
            } else {
                System.out.println("Stand konnte nicht eingefuegt werden, kein Platz vorhanden.");
            }
        } else {
            System.out.println("Fehler: uebergebener Stand ist null.");
        }
        return hinzugefuegt;
    }


    public Stand entfernen(String name) {
        if (name != null) {
            for (int i=0; i<anzahl; i++) {
                if (name.equals(staende[i].getName())) {
                    return entfernen(i);
                }
            }
            System.out.println("Es wurde kein Stand mit dem uebergebenen Namen gefunden.");
        } else {
```

```
            System.out.println("Fehler: name ist null.");
        }

        return null;
    }

    public Stand entfernen(int pos) {
        Stand s = null;
        if (pos >= 0 && pos < anzahl) {
            s = staende[pos];
            staende[pos] = null;
            s.setMarkt(null); // beidseitige Assoziation

            for (int i=pos; i<anzahl; i++) {
                if (i + 1 < staende.length) {
                    staende[i] = staende[i+1];
                } else {
                    staende[i] = null;
                }
            }

            anzahl--;
        } else {
            System.out.println("Fehler: ungueltige Position " + pos);
        }

        return s;
    }

    /// ...
}
```

Vor dem Hinzufügen wird unter anderem geprüft ob `stand.getMarkt() == null` gilt, also der Stand nicht derzeit auf einem anderen Markt steht. Ist dies nicht der Fall, so wird der Markt an der passenden Stelle ins Array eingefügt `staende[anzahl++] = stand;` und im Stand die Referenz auf diesen Markt gesetzt: `stand.setMarkt(this);`

Objekt-Vergleiche: Inhalts-Gleichheit vs. Referenz-Gleichheit

Bei primitiven Datentypen findet der Test auf Gleichheit ausschließlich mittels des Operators `==` statt. Dieser Operator ist auch für alle Referenzdatentypen definiert, hat dort aber eine speziellere Bedeutung. Mittels `==` wird verglichen ob es sich um dieselbe *Instanz*, bzw. das selbe *Objekt* handelt. Genauer gesagt überprüft man mit `==` ob zwei Objektreferenzen auf das selbe Objekt verweisen.

Fallweise wird jedoch auch ein Test auf *Inhaltsgleichheit* benötigt. Dies ist mittels der `equals`-Methode möglich, die schon im Zusammenhang mit `String` vorgestellt wurde. Diese Methode liefert `true` als Ergebnis, wenn das Objekt auf dem sie aufgerufen wird und der Parameter *inhaltlich* übereinstimmen, auch wenn es sich um unterschiedliche Instanzen handelt. Um eigene Klassen mit dieser Fähigkeit auszustatten, muss die `equals`-Methode implementiert werden. Der Aufbau dieser Methode ist dem folgenden Codebeispiel zu entnehmen.

```
public class Student {
        private String name;
        private int geburtsjahr;
```

```
        // Konstruktoren und Getter/Setter hier weggelassen

        public boolean equals(Object other) {
                if (other == null) return false;
                if (this == other) return true;
                if (this.getClass() != other.getClass()) return false;

                Student otherStud = (Student) other;

                if (this.name.equals(otherStud.name) && this.geburtsjahr == otherStud.geburtsjahr) {
                        return true;
                }
                return false;
        }
}
```

Ist die übergebene Objektreferenz gleich `null`, so wird `false` zurückgegeben. Wenn die als Parameter übergebene Objektreferenz mit dem aktuellen Objekt (`this`) übereinstimmt, dann liegt auf jeden Fall auch Inhaltsgleichheit vor.

Die dritte if-Bedingung prüft ob beide Objekte von der selben Klasse stammen. Ist dies der Fall wird `other` in einen `Studenten` umgewandelt.

In der vierten if-Bedingung werden dann die einzelnen Attribute verglichen. Bei `String`s muss folglich ebenso die `equals`-Methode verwendet werden. Primitive Datentypen können wie gewohnt mit `==` auf Gleichheit getestet werden.

Die `equals`-Methode wird am Besten mit Hilfe der Entwicklungsumgebung erzeugt, wobei die generierte Implementierung eventuell noch geringfügig angepasst werden muss.

Das folgende Codebeispiel demonstriert das Verhalten dieser Methode im Vergleich zum `==`-Operator:

```
Student s1 = new Student("Peter", 2001);
Student s2 = s1;
Student s3 = new Student("Peter", 2001);
Student s4 = new Student("Lisa", 2003);


System.out.println("s1 == s2: " + (s1 == s2));
System.out.println("s1 == s3: " + (s1 == s3));
System.out.println("s1 == s3: " + (s1.equals(s3)));
System.out.println("s1 == s4: " + (s1.equals(s4)));
```

Dies liefert die folgende Ausgabe:

```
s1 == s2: true
s1 == s3: false
s1 == s3: true
s1 == s4: false
```

Bei der Implementierung von `equals` ist darauf zu achten, dass bei `x.equals(y)` auch `y.equals(x)` gegeben ist, und klarerweise `x.equals(x)` als Ergebnis `true` liefern soll.

Collections

Collections ist ein Überbegriff für diverse in der Java-Bibliothek enthaltenen Klassen die das strukturierte Speichern mehrerer (gleichartiger) Objekte ermöglicht. Collections sind typischerweise einfacher zu verwenden als Arrays, da man sich als Programmierer nicht um die eigentliche Organisation der Daten kümmern muss.

Mechanismen wie das Weiterschieben der Datensätze beim Einfügen, oder der Vorrücken beim Löschen sind in den entsprechenden Collections schon umgesetzt.

Collections sind nicht für einen konkreten Datentyp entworfen, sondern können mit verschiedensten Klassen verwendet werden. Bei der Verwendung muss jedoch angegeben werden mit welchem Typ (also Klasse) die Collection verwendet werden soll. Dies geschieht mittels des *Typparameters*, der in spitzen Klammern angegeben wird. So erhält man beispielsweise mittels `ArrayList<Student>` eine ArrayList von `Student`en, oder mittels `LinkedList<Fahrzeug>` eine LinkedList von `Fahrzeug`en.

ArrayList

Die `ArrayList` ist eine der am häufigsten verwendeten Collections, da sie die Funktionalität von Objektarrays in der besprochenen Form umsetzt. Das folgende Codebeispiel zeigt eine Verwaltungsklasse `Klasse` (die eine Schulklasse modelliert), die (beliebig viele) `Student`en enthalten kann.

Die Klasse `Student` enthlält nur zwei Attribute. Neben dem Namen gibt es ein Geschlecht, das als Aufzählungstyp `enum` umgesetzt ist. Bei einem `enum` wird vom Programmierer festgelegt, welche Werte dieser Datentyp annehmen kann. In unserem Fall sind dies: männlich, weiblich und divers. Die Methode `setKlasse` ist Bestandteil der Umsetzung der beidseitigen Assoziation, und soll nur von der Klasse `Klasse` verwendet werden. In der `toString`-Methode wird ein neues Sprachkonstrukt, nämlich `switch` – `case` verwendet. Dies vermeidet Kaskaden von `if`-Statements. Bei `switch` wird eine Variable angegeben deren mögliche Werte unterschiedliche Aktionen auslösen sollen. Nach jedem `case`-Statement findet sich der Codeblock der ausgeführt wird wenn die Variable den angegebenen Wert enthält. **Achtung**: der Codeblock muss durch ein `break`-Statement beendet werden! Im Default-Block kann Code angegeben werden, der ausgeführt wird wenn die betrachtete Variable keinen der Werte der Case-Statements enthält. Der Default-Block ist optional, muss also nicht angegeben werden.

```
public class Student {

    public enum Geschlecht { M, W, D }; // maennlich, weiblich, divers

    private String name;
    private Geschlecht geschlecht;

    private Klasse klasse;

    public Student() {
        setName("n/a");
        setGeschlecht(Geschlecht.D);
        this.klasse = null;
    }

    public Student(String name, Geschlecht geschlecht) {
        setName(name);
        setGeschlecht(geschlecht);
        this.klasse = null;
    }

    public void setName(String name) {
        if (name != null) {
            this.name = name;
        } else {
            System.out.println("Name ist null");
        }
    }
```

```
    public String getName() {
        return name;
    }

    public void setGeschlecht(Geschlecht geschlecht) {
        this.geschlecht = geschlecht;
    }

    public Geschlecht getGeschlecht() {
        return geschlecht;
    }

    public void setKlasse(Klasse klasse) {
        if (klasse != null) {
            if (klasse.enthaelt(this) == true) {
                this.klasse = klasse;
            } else {
                System.out.println("Fehler: Student ist nicht in Klasse enthalten. Klasse kann also nic
            }
        } else {
            if (!this.klasse.enthaelt(this)) {
                this.klasse = null;
            } else {
                System.out.println("Fehler: Klasse kann nicht null gesetzt werden, da der Student noch
            }
        }
    }

    public Klasse getKlasse() {
        return klasse;
    }

    public String toString() {
        String str = "Name: " + name;
        switch (geschlecht) {
            case M: name += " (maennlich)"; break;
            case W: name += " (weiblich)"; break;
            case D: name += " (divers)"; break;
            default: System.out.println("Fehler: ungueltiges Geschlecht");
        }
        name += ", Klasse: ";
        if (klasse != null) {
            name += klasse.getName();
        } else {
            name += " n/a";
        }
        return str;
    }

    public void printStudent() {
        System.out.println(this); // ruft toString() auf
    }
}
```

Die Klasse `Klasse` verwaltet die enthaltenen Studenten in einer `ArrayList<Student>`. In den Konstruktoren muss das entsprechende Objekt zunächst erzeugt werden. Beim Aufruf des Konstruktors kann der Typparameter (in den spitzen Klammern) weggelassen werden.

```
import java.util.*;

public class Klasse {

    private String name;
    private ArrayList<Student> studenten;

    public Klasse() {
        setName("4ABIF");
        studenten = new ArrayList<>();
    }

    public Klasse(String name) {
        setName(name);
        studenten = new ArrayList<>();
    }

    public void setName(String name) {
        if (name != null) {
            this.name = name;
        } else {
            System.out.println("Ungueltiger Parameter (Name): null");
        }
    }

    public String getName() {
        return name;
    }

    public boolean hinzufuegen(Student stud) {
        return einfuegen(studenten.size(), stud);
    }

    public boolean einfuegen(int position, Student stud) {
        boolean hinzugefuegt = false;
        if (stud != null) {
            if (position >= 0 && position <= studenten.size()) {
                if (stud.getKlasse() == null) {
                    studenten.add(position, stud);
                    stud.setKlasse(this);
                    hinzugefuegt = true;
                } else {
                    System.out.println("Fehler: Student ist schon Teil einer anderen Klasse.");
                }

            } else {
                System.out.println("Fehler: ungueltige position " + position);
            }
        } else {
            System.out.println("Fehler: stud ist null.");
```

```
    }
    return hinzugefuegt;
}

public boolean entfernen(Student stud) {
    if (stud != null) {
        boolean entfernt = studenten.remove(stud);
        if (entfernt) {
            stud.setKlasse(null);
        }
        return entfernt;
    } else {
        System.out.println("Fehler: stud ist null.");
    }
    return false;
}


public Student getStudent(int idx) {
    if (idx < studenten.size()) {
        return studenten.get(idx);
    } else {
        System.out.println("Fehler: kein Student an Stelle " + idx + " vorhanden");
        return null;
    }
}

public boolean enthaelt(Student stud) {
    if (stud != null) {
        return studenten.contains(stud);
    } else {
        System.out.println("Fehler: stud ist null.");
    }
    return false;
}

public String toString() {
    String str = "Klasse: " + getName() + "\n";
    str += "---------------------------------------\n";
    if (studenten.size() > 0) {
        for (Student s: studenten) {
            str += s + "\n";
        }
    } else {
        str += "Keine Studenten im Kurs vorhanden.\n";
    }
    str += "---------------------------------------\n";
    return str;
}

public void printKlasse() {
    System.out.println(this);
}
```

```
}
```

Die Implementierung von `Klasse` ist im Vergleich zur Verwendung von Objektarrays wesentlich kürzer und übersichtlicher. Die Methode `hinzufuegen` ruft die Methode `einfuegen` auf, da sie ein Spezialfall davon ist. In der Methode `einfuegen` werden im Wesentlichen die Parameter geprüft und die beidseitige Assoziation umgesetzt. Den Rest erledigt die Klasse `ArrayList` für uns!

Im Codebeispiel werden zahlreiche Methoden der Klasse `ArrayList<E>` aufgerufen. Die wichtigsten dieser Methoden sind:

- `ArrayList<>()`: Erzeugt `ArrayList` mit Anfangskapazität 10
- `ArrayList<>(int initialCapacity)`: Erzeugt `ArrayList` mit Größe `initialCapacity`
- `add(E e)`: Fügt Objektreferenz `e` am Ende hinzu
- `add(int index, E element)`: Fügt Objektreferenz `element` an Stelle `index` ein.
- `clear()`: Löscht alle Elemente
- `E get(int index)`: Gibt Element an Stelle `index` zurück
- `boolean isEmpty()`: Gibt an, ob `ArrayList` leer ist
- `E remove(int index)`: Entfernt Element an Stelle `index`
- `boolean remove(Object o)`: Entfernt erstes Vorkommen von Objektreferenz `o`
- `int size()`: Gibt Anzahl der Elemente in der `ArrayList` an

Hierbei steht `E` jeweils für den Typ der bei der Deklaration der ArrayList als Typparameter in den spitzen Klammern angegeben wurde.

Bezüglich der Implementierung der `toString`-Methode in `Klasse` sei noch angemerkt, dass hierbei die sogenannte For-Each-Schleife zum Durchlaufen aller in `studenten` enthaltenen Elemente verwendet wurde. Da der Anwendungsfall *alle* Elemente einer Collection zu durchlaufen relativ häufig ist, bietet Java hierfür eine (im Gegensatz zur konventionellen for-Schleife) einfachere Syntax an. Mittels der Objektreferenz `s` vom Typ `Student` kann im konkreten Beispiel innerhalb der Schleife auf die in der ArrayList `studenten` enthaltenen Objekte zugegriffen werden.

LinkedList

Die `LinkedList<E>` unterscheidet sich zur `ArrayList<E>` im Wesentlichen durch die interne Verwaltung der Elemente. Die ArrayList enthält (gemäß ihres Namens) ein Array, während die LinkedList eine sogenannte *verkettete Liste* verwendet. Bei dieser Liste wird zu jedem Element sein Nachfolger und Vorgänger gespeichert.

Dies bedeutet, dass die einzelnen Elemente (Objektreferenzen) nicht über einen Index direkt angesprochen werden können. Dies ist meist eine erhebliche Einschränkung, bietet jedoch in gewissen Situationen Vorteile. Wenn man eine Objektreferenz an einer bestimmten Stelle (an der man gerade steht) einfügen möchte, so müssen bei der ArrayList alle nachfolgenden Elemente um eine Stelle nach hinten verschoben werden. Dies stellt einen gewissen Aufwand dar, der bei der LinkedList nicht anfällt, da einfach nur die Referenzen auf die jeweiligen Vorgänger und Nachfolger aktualisiert werden müssen.

Weitere Collections

Eine weitere häufig verwendete Collection ist das `Set`. Es setzt die Funktionen einer (mathematischen) Menge um. Elemente sollen somit in einem Set nicht mehrfach enthalten sein können, die Reihenfolge der Elemente ist ebenfalls nicht festgelegt. Konkrete Umsetzungen von `Set`s sind `HashSet<E>` und `TreeSet<E>`. Zur Verwendung einer Klasse in diesen Collections müssen jedoch gewisse Vorkehrungen getroffen werden, weshalb wir erst später genauer darauf eingehen.

Selbiges gilt für `Map`s, wobei hier die `HashMap<K, V>` die häufigst verwendete Variante ist. Die Map setzt das Konzept einer mathematischen Abbildung um. Konkret wird dabei den jeweiligen Schlüsselwerten (Keys) genau ein Wert (Value) zugeordnet. Die wichtigste Eigenschaft von Maps ist, dass die Werte anhand ihrer

Schlüssel besonders schnell gefunden werden können, ohne dass zum Beispiel ein Array durchsucht werden muss.

Iterator

Boxing/Unboxing

Collections, bzw. generische Klassen im Allgemeinen, können nicht mit primitiven Datentypen verwendet werden. Möchte man diese dennoch in Collections verwenden, müssen diese in eine Klasse "eingepackt" werden. Eine derartige Klasse hätte dann ein Attribut, das dem gewünschten Datentyp entspricht. Für `int`-Variablen könnte diese Klasse wie folgt aussehen:

```
import java.util.ArrayList;

class IntegerBox {
    private int wert;

    private IntegerBox(int wert) {
        setWert(wert);
    }

    public static IntegerBox wertVon(int wert) {
        return new IntegerBox(wert);
    }

    public int getWert() {
        return wert;
    }

    public void setWert(int wert) {
        this.wert = wert;
    }

    @Override
    public String toString() {
        return String.valueOf(wert);
    }
}
```

Objekte dieser Klasse können mittels der statischen Methode `wertVon` erzeugt werden, der Konstruktor selbst ist nach außen hin versteckt (`private`) und wird unnerhalb dieser Methode aufgerufen. Die Verwendung dieser Klasse kann wie folgt erfolgen:

```
    IntegerBox a = IntegerBox.wertVon(3);
    IntegerBox b = IntegerBox.wertVon(5);

    ArrayList<IntegerBox> liste = new ArrayList<>();

    liste.add(a);
    liste.add(b);

    System.out.println("Liste: " + liste);
```

Man bezeichnet dieses Konzept des "Einpackens" als *Boxing* (in eine Schachtel packen), das Auslesen des Wertes aus der "Box" als *Unboxing*. Die zugehörigen Klassen sind bereits in der Java-Bibliothek vorhanden (`Integer`, `Double`, ...). Der Vorteil dieser Klassen ist, dass das das Boxing und Unboxing *automatisch* erfolgt.

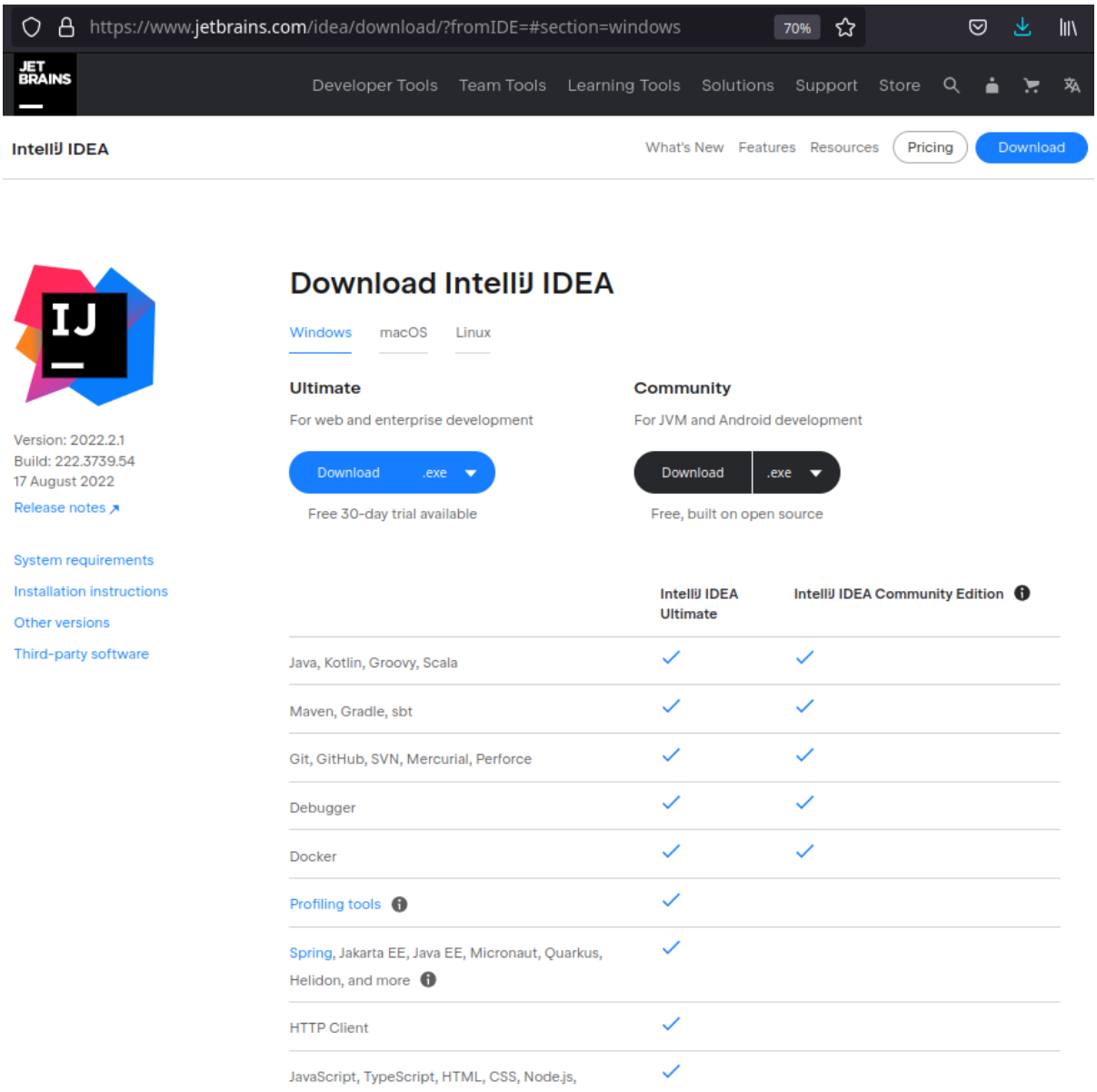
Diesen Mechanismus nennt man *Autoboxing*. Das folgende Codestück veranschaulicht dies:

```
Integer a = Integer.valueOf(3);
Integer b = 5;
Integer nullTest = null;

ArrayList<Integer> liste = new ArrayList<>();
liste.add(a);
liste.add(b);
liste.add(7); // auto-boxing
liste.add(nullTest);
int x = 12; // auto-boxing
liste.add(x);
System.out.println("Liste: " + liste);

int z = liste.get(4); // auto-unboxing
System.out.println("z: " + z);
```

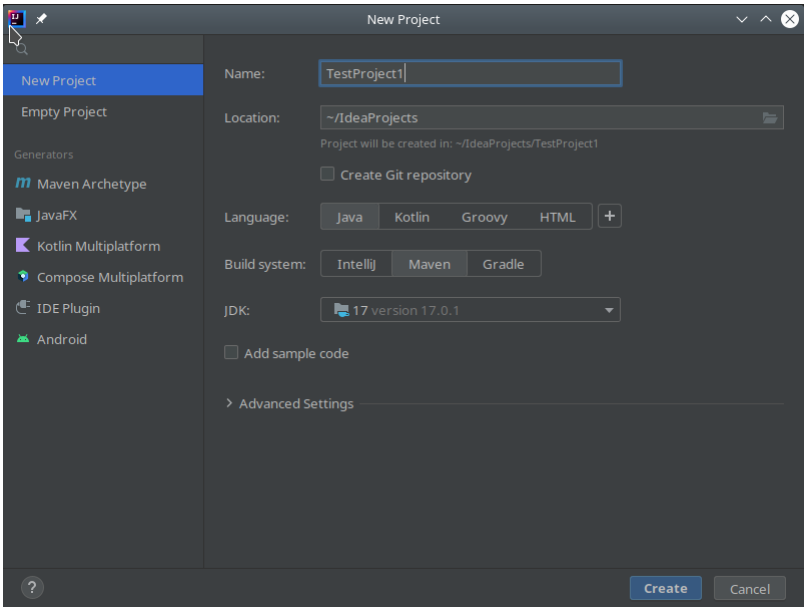
Entwicklungsumgebungen: IntelliJ und Eclipse

Während die Entwicklungsumgebung BlueJ vor Allem Einsteigern den Umgang mit Objekten anschaulich gestalten soll, bieten professionellere Entwicklungsumgebungen wesentlich mehr Werkzeuge und Hilfsmittel für die praktische Softwareentwicklung an. Die zwei am weitesten verbreiteten Entwicklungsumgebungen im Bereich Java sind einerseits *Eclipse* und andererseits *IntelliJ*. Jede der beiden hat eigene Vor- und Nachteile, nahezu alle wichtigen Funktionalitäten sind jedoch in beiden Entwicklungsumgebungen vorhanden. Der Umstieg von einer auf die andere Umgebung sollte deshalb nicht all zu schwer fallen.

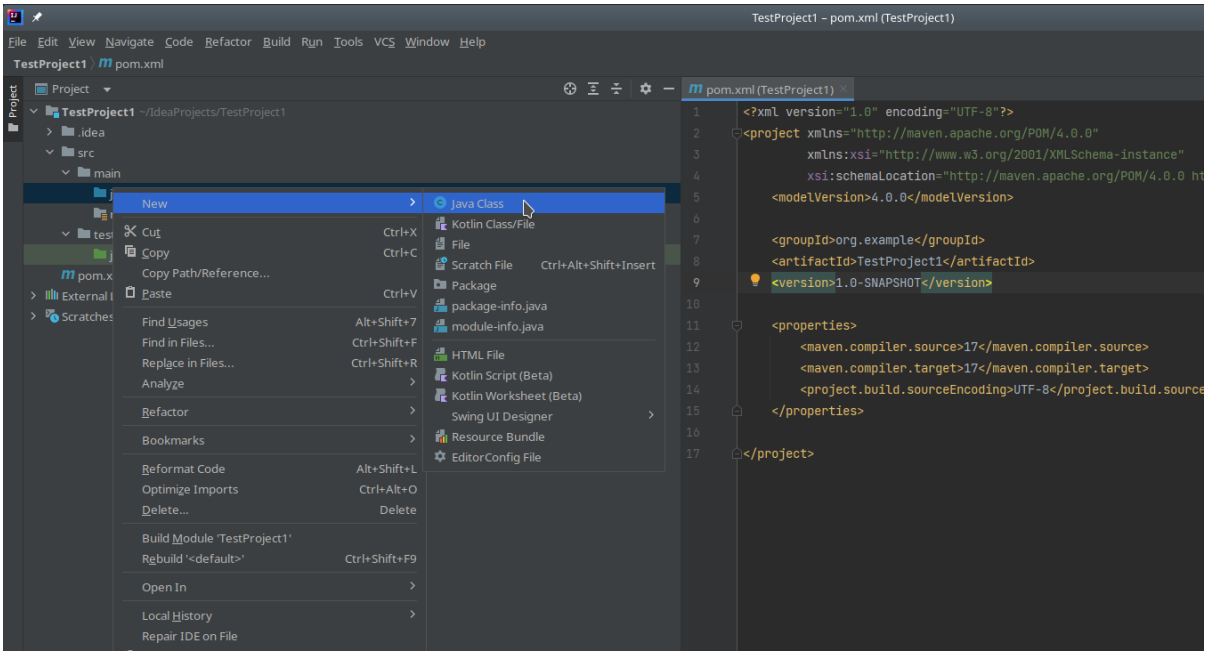
Wir wollen in weiterer Folge *IntelliJ* der Firma *JetBrains* verwenden, die in den letzten Jahren stark an Popularität gewonnen hat. Ähnliche Entwicklungsumgebungen gibt es auch für andere Programiersprachen wie C# oder Python u.v.m. Die *Community-Edition* ist kostenlos verfügbar und für ein breites Spektrum an Anwendungen ausreichend.



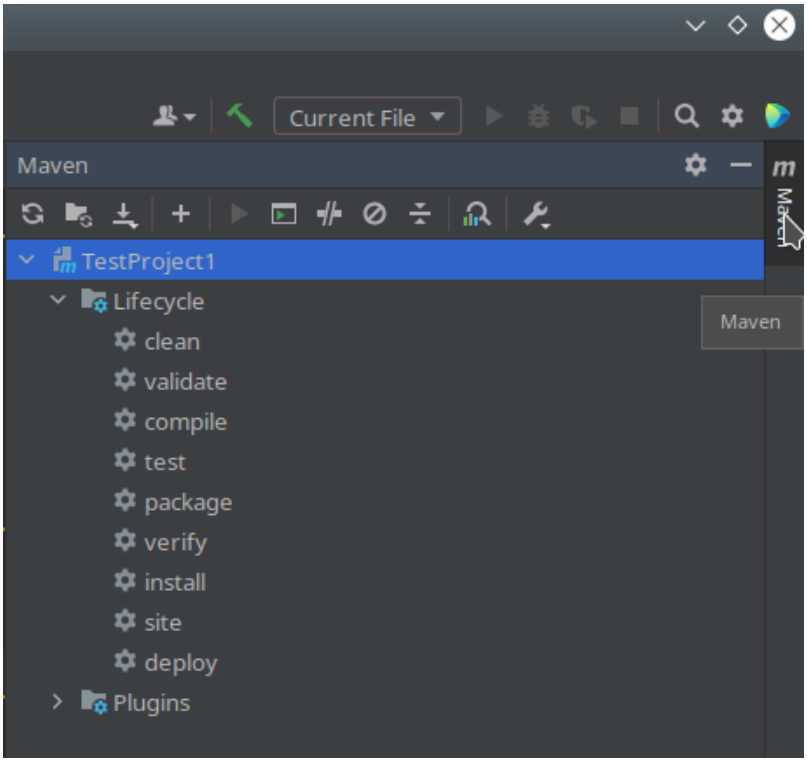
Nach dem Start von IntelliJ kann zunächst ein Projekt erstellt werden.



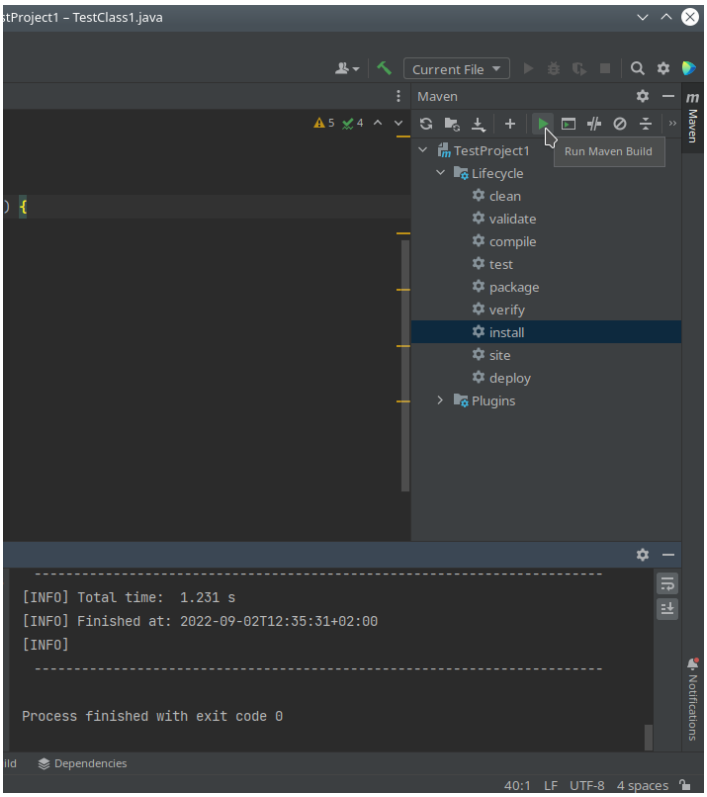
Auf der linken Seite wird die Projektstruktur angezeigt. Die Datei `pom.xml` enthält die Projektkonfiguration inklusive etwaiger Abhängigkeiten. Über das Kontextmenü kann eine neue Java-Klasse im Ordner `src/main/java` erstellt werden.



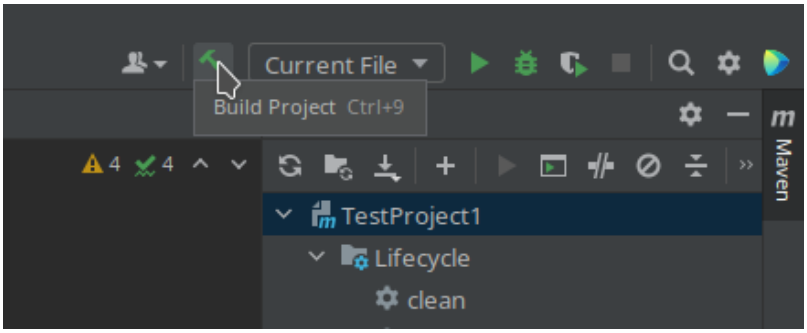
Auf der rechten Seite der Entwicklungsumgebung kann das Maven-Menü ausgeklappt werden. Maven ist ein *Build-Werkzeug*, dass den Prozess der Kompilierung des Projektes und die Verwaltung aller Abhängigkeiten unterstützt. Möchte man externe Bibliotheken verwenden (zum Beispiel für Unit-Tests, Benutzeroberflächen, Schreiben von Logfiles etc.), lädt Maven diese Abhängigkeiten anhand der Konfiguration automatisch herunter und fügt alle Pfade dem Projekt hinzu.



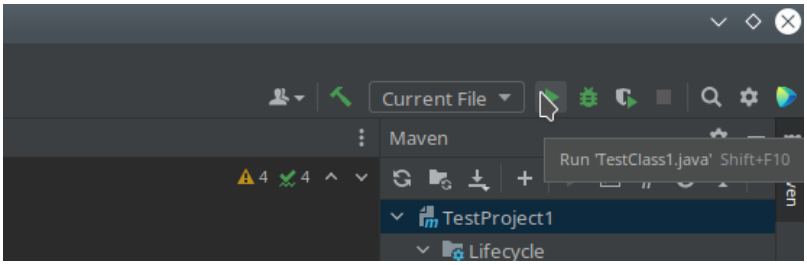
Über *Install* werden alle Abhängigkeiten geprüft und installiert. Das Projekt ist danach bereit für die Ausführung.



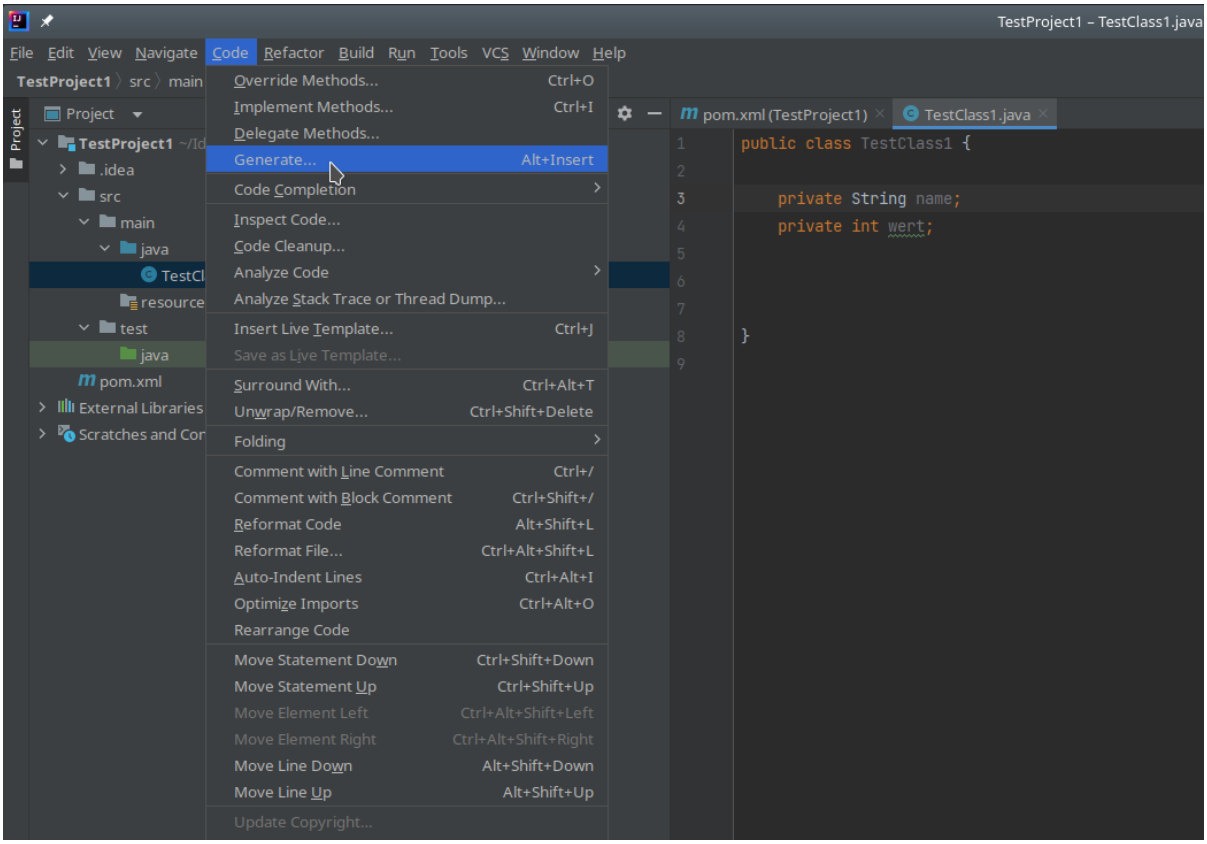
Das Projekt kann nun mittels Klick auf den kleinen grünen Hammer oder `Strg-9` kompiliert werden.



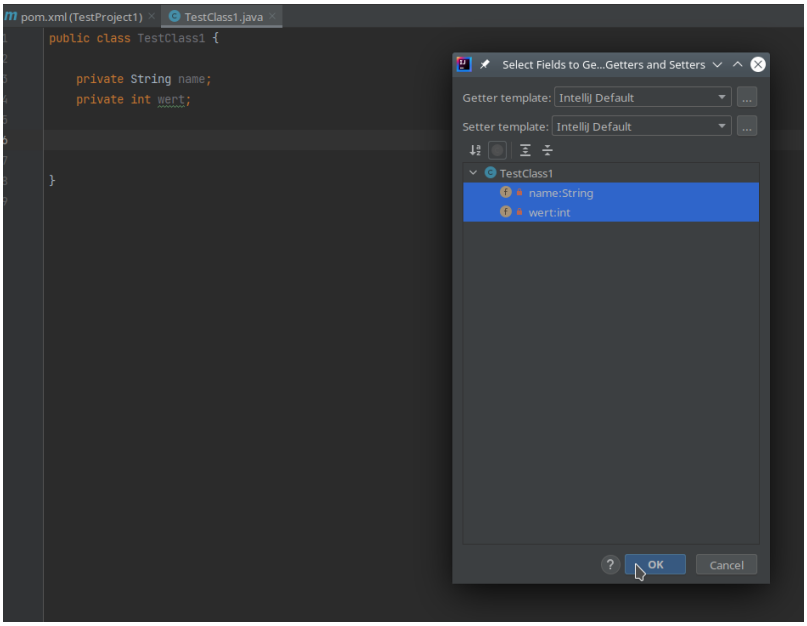
Im Gegensatz zu BlueJ muss bei IntelliJ (und Eclipse) stets eine Main-Methode im Projekt vorhanden sein, um es ausführen zu können. Mittels `Shift-F10` oder Klick auf den kleinen grünen Play-Button kann das Programm gestartet werden.



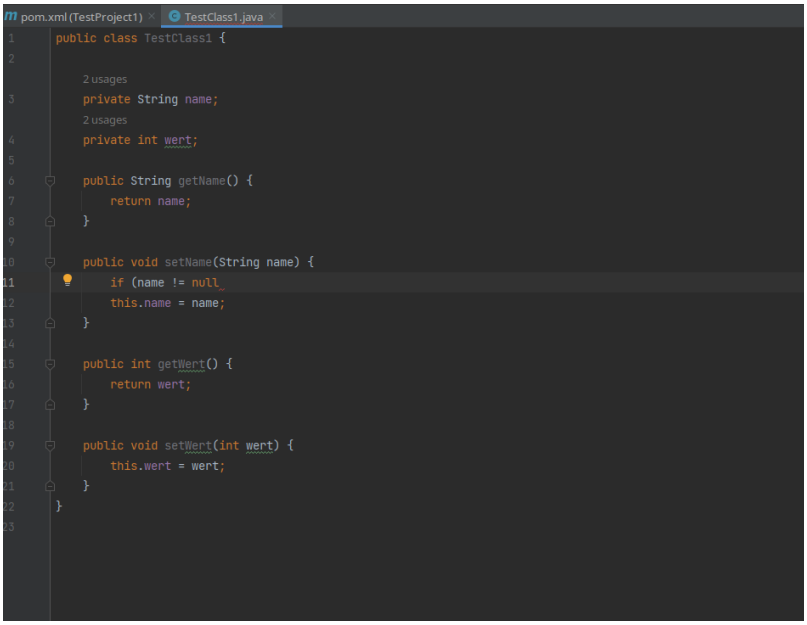
IntelliJ bietet zahlreiche praktische Features an, durch die einiges an Tipp-Arbeit erspart werden kann. So können zum Beispiel die Getter und Setter mittels Menü oder durch Verwendung der Tastenkombination `Alt-Einfügen` automatisch generiert werden.



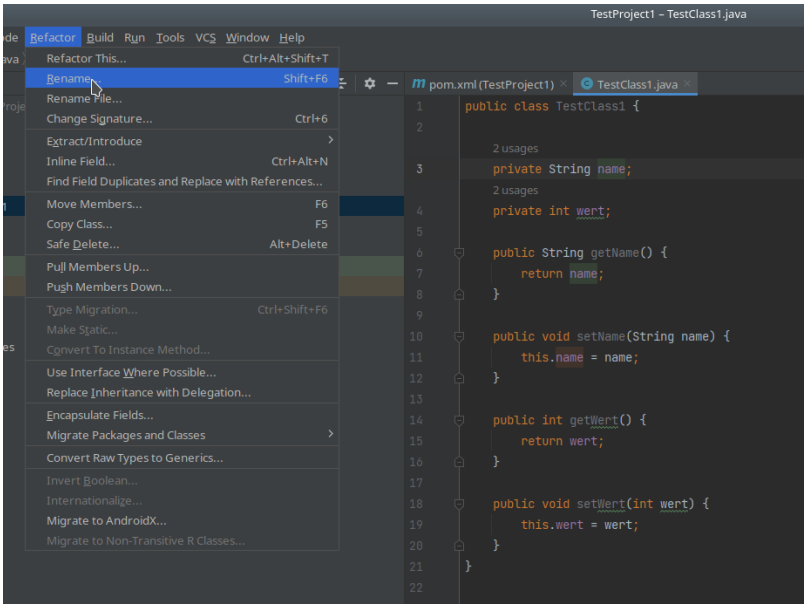
Im Kontextmenü wählt man dazu die gewünschten Attribute aus und bestätigt mit `Ok`.



Bei den generierten Varianten handelt es sich um Vorlagen, die dann manuell überarbeitet werden müssen (Parameterprüfungen).



Ein weiteres praktisches Feature ist die Möglichkeit zur *Refaktorisierung* (Refactoring). Darunter versteht man das Überarbeiten und Verändern von Code-Strukturen im Laufe der Entwicklungsarbeit. Als häufiger Anwendungsfall sei hier nur die Umbenennung von Variablen, Methoden oder Klassen genannt. Hierbei müssen ja alle entsprechenden Vorkommnisse im Code abgeändert werden.



Zu Fehlern oder Problemen gibt es oftmals die Möglichkeit bestimmte Aktionen (im Sinne von Korrekturvorschlägen) auszuführen. Mit `Alt-Enter` gelangt man in das entsprechende Kontextmenü. Um das Tippen von `System.out.println` abzukürzen, kann man einfach `sout` schreiben, im Kontextmenü wird dann die komplette Anweisung vorgeschlagen.

Vererbung

Die Vererbung ist ein zentrales Konzept der objektorientierten Programmierung und umfasst im Wesentlichen Mechanismen um Klassen in hierarchische Beziehungen zu stellen. Wenn eine Klasse von einer anderen Klasse *ableitet*, so bezeichnet man die ableitende Klasse als *Unterklasse* oder *Subklasse* und die Klasse von der abgeleitet wird als *Basisklasse*. Öffentliche Methoden (und Attribute) der Basisklasse sind in der Unterklasse automatisch vorhanden und können bei Objekten dieser Unterklasse verwendet werden, auch wenn sie nicht direkt dort im Programmcode aufscheinen. Vererbung wird oft eingesetzt um *speziellere* Varianten von Klassen z erzeugen, ohne den Code das Basisklasse komplett neu implementieren zu müssen. Subklassen können im Programm dann überall dort verwendet werden, wo deren Basisklassen erwartet werden, z.B. bei Parametern oder Collections.

Wir betrachten zunächst eine Anforderung das Personal einer `Firma` zu verwalten, wobei dies ein `Arbeiter` oder `Angestellter` sein kann. Diese haben als gemeinsame Attribute: `name: String`, `geburtsjahr: int`, `stundenlohn: int` und `anzahlWochenStunden: int`. Der Arbeiter kann `facharbeiter: boolean` sein, der Angestellte hingegen eine `ueberstundenPauschale: boolean` haben. `Angestellter` und `Arbeiter` weisen also zahlreiche Gemeinsamkeiten auf, es gibt jedoch auch Unterschiede.

Naiver, bzw. falscher Zugang ohne Vererbung

Wir betrachten als Ausgangssituation eine Implementierung ohne Vererbung, primär um deren Nachteile und Unzulänglichkeiten zu veranschaulichen.

```
public class Angestellter {

    private String name;
    private int geburtsjahr;
    private int stundenlohn;
    private int anzahlWochenStunden;
    private boolean ueberstundenPauschale;
```

```
public Angestellter() {
    setName("n/a");
    setGeburtsjahr(1900);
    setStundenlohn(10);
    setAnzahlWochenStunden(40);
    setUeberstundenPauschale(false);
}

public Angestellter(String name, int geburtsjahr, int stundenlohn, int anzahlWochenStunden,
                    boolean ueberstundenPauschale) {
    setName(name);
    setGeburtsjahr(geburtsjahr);
    setStundenlohn(stundenlohn);
    setAnzahlWochenStunden(anzahlWochenStunden);
    setUeberstundenPauschale(ueberstundenPauschale);
}

public String getName() {
    return name;
}

public void setName(String name) {
    if (name != null && !name.isEmpty()) {
        this.name = name;
    } else {
        System.out.println("Fehler: ungueltiger Name: " + name);
    }
}

public int getGeburtsjahr() {
    return geburtsjahr;
}

public void setGeburtsjahr(int geburtsjahr) {
    if (geburtsjahr >= 1900 && geburtsjahr <= 2050) {
        this.geburtsjahr = geburtsjahr;
    } else {
        System.out.println("Fehler: ungueltiges Geburtsjahr: " + geburtsjahr);
    }
}

public int getStundenlohn() {
    return stundenlohn;
}

public void setStundenlohn(int stundenlohn) {
    if (stundenlohn > 7 && stundenlohn < 1000) {
        this.stundenlohn = stundenlohn;
    } else {
        System.out.println("Fehler: ungueltiger Stundenlohn: " + stundenlohn);
    }
}
```

```
    public int getAnzahlWochenStunden() {
        return anzahlWochenStunden;
    }

    public void setAnzahlWochenStunden(int anzahlWochenStunden) {
        if (anzahlWochenStunden > 0 && anzahlWochenStunden <= 50) {
            this.anzahlWochenStunden = anzahlWochenStunden;
        } else {
            System.out.println("Fehler: ungueltige Wochenstundenanzahl: " + anzahlWochenStunden);
        }
    }

    public boolean hasUeberstundenPauschale() {
        return ueberstundenPauschale;
    }

    public void setUeberstundenPauschale(boolean ueberstundenPauschale) {
        this.ueberstundenPauschale = ueberstundenPauschale;
    }

    public int getKostenProMonat() {
        int kosten = getStundenlohn() * getAnzahlWochenStunden();
        if (!hasUeberstundenPauschale()) {
            // Ueberstunden muessen extra bezahlt werden
            kosten += 5 * getStundenlohn();
        }
        return kosten;
    }

    @Override
    public String toString() {
        String str = getName() + " (Geb.Jahr: " + getGeburtsjahr() + ")";
        str += " Stundenlohn: " + getStundenlohn() + ", " + getAnzahlWochenStunden() + " h/W";

        str += hasUeberstundenPauschale() ? " (Ueberstundenpauschale)" : " (keine Uestd.-Pauschale)";
        return str;
    }

    public void print() {
        System.out.println(this);
    }
}
```

Die Klasse Arbeiter (in der Version ohne Vererbung) sieht wie folgt aus:

```
public class Arbeiter {

    private String name;
    private int geburtsjahr;
    private int stundenlohn;
    private int anzahlWochenStunden;
    private boolean facharbeiter;

    public Arbeiter() {
```

```
        setName("n/a");
        setGeburtsjahr(1900);
        setStundenlohn(10);
        setAnzahlWochenStunden(40);
        setFacharbeiter(false);
    }

    public Arbeiter(String name, int geburtsjahr, int stundenlohn, int anzahlWochenStunden, boolean fach
        setName(name);
        setGeburtsjahr(geburtsjahr);
        setStundenlohn(stundenlohn);
        setAnzahlWochenStunden(anzahlWochenStunden);
        setFacharbeiter(facharbeiter);
    }

    public String getName() {
        return name;
    }

    public void setName(String name) {
        if (name != null && !name.isEmpty()) {
            this.name = name;
        } else {
            System.out.println("Fehler: ungueltiger Name: " + name);
        }
    }

    public int getGeburtsjahr() {
        return geburtsjahr;
    }

    public void setGeburtsjahr(int geburtsjahr) {
        if (geburtsjahr >= 1900 && geburtsjahr <= 2050) {
            this.geburtsjahr = geburtsjahr;
        } else {
            System.out.println("Fehler: ungueltiges Geburtsjahr: " + geburtsjahr);
        }
    }

    public int getStundenlohn() {
        return stundenlohn;
    }

    public void setStundenlohn(int stundenlohn) {
        if (stundenlohn > 7 && stundenlohn < 1000) {
            this.stundenlohn = stundenlohn;
        } else {
            System.out.println("Fehler: ungueltiger Stundenlohn: " + stundenlohn);
        }
    }

    public int getAnzahlWochenStunden() {
        return anzahlWochenStunden;
    }
```

```
    public void setAnzahlWochenStunden(int anzahlWochenStunden) {
        if (anzahlWochenStunden > 0 && anzahlWochenStunden <= 50) {
            this.anzahlWochenStunden = anzahlWochenStunden;
        } else {
            System.out.println("Fehler: ungueltige Wochenstundenanzahl: " + anzahlWochenStunden);
        }
    }

    public boolean isFacharbeiter() {
        return facharbeiter;
    }

    public void setFacharbeiter(boolean facharbeiter) {
        this.facharbeiter = facharbeiter;
    }

    public int getKosten() {
        int kosten = getAnzahlWochenStunden() * getStundenlohn();
        if (isFacharbeiter()) {
            kosten += 200; // Facharbeiterzuschlag
        }
        return kosten;
    }

    @Override
    public String toString() {
        String str = getName() + " (Geb.Jahr: " + getGeburtsjahr() + ")";
        str += " Stundenlohn: " + getStundenlohn() + ", " + getAnzahlWochenStunden() + " h/W";
        /*
        if (isFacharbeiter()) {
            str += " Facharbeiter";
        } else {
            str += " Hilfsarbeiter";
        }
        */
        str += isFacharbeiter() ? " Facharbeiter" : " Hilfsarbeiter";
        return str;
    }

    public void print() {
        System.out.println(this);
    }
}
```

Die Implementierung ist weitgehend selbsterklärend, und man sieht, dass der Code in weiten Teilen nahezu ident ist. Dies würde unter Anderem bedeuteten, dass alle etwaigen Änderungen bei beiden Klassen konsistent durchgeführt werden müssten, was aufwändig und fehleranfällig ist. Duplizierter Code ist oftmals ein Anzeichen für schlechtes Design.

Die Methode `getKostenProMonat` soll die zu erwartenden monatlichen Kosten berechnen. Bei Mitarbeitern ohne Überstundenpauschale wollen wir hier fünf zusätzliche zu bezahlende Stunden kalkulieren, bei Facharbeitern einen Zuschlag von 200 Euro. Beide Berechnungen stellen keinen Anspruch auf buchhaltäre Korrektheit, sondern sollen lediglich als Beispiel für eine Unterscheidung beider Klassen dienen (ebenso wie weitere derartige für die Anschaulichkeit getroffene Vereinfachungen).

Als syntaktische Neuerung sei die Verwendung des ternären Operators in `toString` von `Arbeiter` erwähnt; die vorletzte Zeile der Methode verhält sich ident zum sich darüber befindlichen auskommentierten Codestück.

Neben den schon angemerkten Schwächen dieser Implementierung sollen wir nun folgendes Problem aufzeigen. In einer Klasse `Firma` sollen sowohl Arbeiter als auch Angestellte verwaltet werden. Wir müssten diese jedoch in separaten Listen verwalten: `ArrayList<Arbeiter>` und `ArrayList<Angestellter>`. Dies ist jedoch nicht vorteilhaft, da ja die gesamte Programmlogik wie zum Beispiel zum Einstellen oder Kündigen doppelt umgesetzt werden müsste. Tatsächlich sind `Arbeiter` und `Angestellter` jedoch nur verschiedene konkrete Ausprägungen von *Mitarbeitern*. Diese sollten in *einer* Collection verwaltet werden. Ohne die Verwendung von Vererbung ist dies jedoch unmöglich, da es sich um zwei komplett unabhängige Typen handelt.

Wir betrachten nun die korrekte Umsetzung mittels Vererbung. Dabei definieren wir zunächst eine Klasse `Mitarbeiter` mit allen gemeinsamen Attributen. Von dieser Klasse leiten nun `Angestellter` und `Arbeiter` mittels des Schlüsselwortes `extends` ab.

```
public class Mitarbeiter {

    private String name;
    private int geburtsjahr;
    private int stundenlohn;
    private int anzahlWochenStunden;

    public Mitarbeiter() {
        setName("n/a");
        setGeburtsjahr(1900);
        setStundenlohn(10);
        setAnzahlWochenStunden(40);
    }

    public Mitarbeiter(String name, int geburtsjahr, int stundenlohn, int anzahlWochenStunden) {
        setName(name);
        setGeburtsjahr(geburtsjahr);
        setStundenlohn(stundenlohn);
        setAnzahlWochenStunden(anzahlWochenStunden);
    }

    public String getName() {
        return name;
    }

    public void setName(String name) {
        if (name != null && !name.isEmpty()) {
            this.name = name;
        } else {
            System.out.println("Fehler: ungueltiger Name: " + name);
        }
    }

    public int getGeburtsjahr() {
        return geburtsjahr;
    }

    public void setGeburtsjahr(int geburtsjahr) {
        if (geburtsjahr >= 1900 && geburtsjahr <= 2050) {
            this.geburtsjahr = geburtsjahr;
```

```
        } else {
            System.out.println("Fehler: ungueltiges Geburtsjahr: " + geburtsjahr);
        }
    }

    public int getStundenlohn() {
        return stundenlohn;
    }

    public void setStundenlohn(int stundenlohn) {
        if (stundenlohn > 7 && stundenlohn < 1000) {
            this.stundenlohn = stundenlohn;
        } else {
            System.out.println("Fehler: ungueltiger Stundenlohn: " + stundenlohn);
        }
    }

    public int getAnzahlWochenStunden() {
        return anzahlWochenStunden;
    }

    public void setAnzahlWochenStunden(int anzahlWochenStunden) {
        if (anzahlWochenStunden > 0 && anzahlWochenStunden <= 50) {
            this.anzahlWochenStunden = anzahlWochenStunden;
        } else {
            System.out.println("Fehler: ungueltige Wochenstundenanzahl: " + anzahlWochenStunden);
        }
    }

    public int getKostenProMonat() {
        // eigentlich 4.35 Wochen pro Monat
        // hier der Einfachkeit halber * 4
        int kosten = 4 * getStundenlohn() * getAnzahlWochenStunden();
        return kosten;
    }

    @Override
    public String toString() {
        String str = getName() + " (Geb.Jahr: " + getGeburtsjahr() + ")";
        str += " Stundenlohn: " + getStundenlohn() + ", " + getAnzahlWochenStunden() + " h/W";
        return str;
    }

    public void print() {
        System.out.println(this);
    }

}
```

Diese Klasse stellt nun die Basis für Angestellter und Arbeiter da. Deren Implementierung fällt mittels der Vererbung wesentlich kompakter aus als in der vorangeganenen Variante.

```
public class Angestellter extends Mitarbeiter {

    private boolean ueberstundenPauschale;
```

```
    public Angestellter() {
        super("n/a", 1900, 10, 40);
        setUeberstundenPauschale(false);
    }

    public Angestellter(String name, int geburtsjahr, int stundenlohn, int anzahlWochenStunden,
                        boolean ueberstundenPauschale) {
        super(name, geburtsjahr, stundenlohn, anzahlWochenStunden);
        setUeberstundenPauschale(ueberstundenPauschale);
    }

    public boolean hasUeberstundenPauschale() {
        return ueberstundenPauschale;
    }

    public void setUeberstundenPauschale(boolean ueberstundenPauschale) {
        this.ueberstundenPauschale = ueberstundenPauschale;
    }

    @Override
    public int getKostenProMonat() {
        int kosten = super.getKostenProMonat();
        if (!hasUeberstundenPauschale()) {
            // Ueberstunden muessen extra bezahlt werden
            kosten += 5 * getStundenlohn();
        }
        return kosten;
    }

    @Override
    public String toString() {
        String str = super.toString();

        str += hasUeberstundenPauschale() ? " (Ueberstundenpauschale)" : " (keine Uestd.-Pauschale)";
        return str;
    }

    public void print() {
        System.out.println(this);
    }

}
```

In der ersten Zeile wird mittels `extends` angegeben, dass die Klasse `Angestellter` von `Mitarbeiter` ableitet. In den Konstruktoren findet man in der ersten Zeile den Aufruf von `super(...)` mit den jeweiligen Parametern. Dies ist der Aufruf des Konstruktors der Basisklasse. Die entsprechenden Parameter oder Defaultwerte werden an diesen Konstruktor übergeben, zusätzliche Attribute müssen wie bisher mittels Set-Methoden initialisiert werden. Der Aufruf des Super-Konstruktors muss in der ersten Zeile erfolgen.

In weiterer Folge finden sich die Getter/Setter zum in dieser Klasse definierten Attribut. Es ist zu beachten, dass aber auch alle öffentlichen (konkret `public` und `protected`) Methoden der Basisklasse durch die Vererbung *automatisch* in `Angestellter` existieren, wie zum Beispiel `getName()` oder `getGeburtsjahr`.

Bevor wir auf die Methoden mit der Annotation `@Override` genauer eingehen, sei noch der Code von `Arbeiter`

angegeben.

```
public class Arbeiter extends Mitarbeiter {

    private boolean facharbeiter;

    public Arbeiter() {
        super("n/a", 1900, 10, 40);
        setFacharbeiter(false);
    }

    public Arbeiter(String name, int geburtsjahr, int stundenlohn, int anzahlWochenStunden,
                    boolean facharbeiter) {
        super(name, geburtsjahr, stundenlohn, anzahlWochenStunden);
        setFacharbeiter(facharbeiter);
    }

    public boolean isFacharbeiter() {
        return facharbeiter;
    }

    public void setFacharbeiter(boolean facharbeiter) {
        this.facharbeiter = facharbeiter;
    }

    @Override
    public int getKostenProMonat() {
        int kosten = super.getKostenProMonat();
        if (isFacharbeiter()) {
            kosten += 200; // Facharbeiterzuschlag
        }
        return kosten;
    }

    @Override
    public String toString() {
        String str = super.toString();
        str += isFacharbeiter() ? " Facharbeiter" : " Hilfsarbeiter";
        return str;
    }

    public void print() {
        System.out.println(this);
    }
}
```

Überschreiben von Methoden

Entspricht eine in einer Basisklasse schon definierte Methode nicht dem in der Unterklasse gewünschten Verhalten, so kann diese *überschrieben* werden. Die Methode wird sozusagen durch eine speziellere Variante ersetzt. Betrachten Sie die Implementierung von `getKostenProMonat` in `Arbeiter`. Wird `getKostenProMonat` auf einem Objekt des Typs `Arbeiter` aufgerufen, so wird nun immer *diese* Methode verwendet. Die in der Basisklasse existierende Methode gleichen Namens wird somit durch diese Methode überschrieben.

Mittels der *Annotation* `@Override` wird dem Compiler genau diese Absicht mitgeteilt. Die Annotation ist

an sich nicht zwingend erforderlich, allerdings weist der Compiler bei deren Verwendung darauf hin, falls tatsächlich keine Methode überschrieben wurde (also ein Programmierfehler). Deshalb sollte diese Annotation stets verwendet werden wenn die Absicht besteht eine Methode zu überschreiben.

In der ersten Zeile der Methode `int kosten = super.getKostenProMonat()` wird nun die (überschriebene) Methode der Basisklasse aufgerufen. Diese stellt schon die Grundfunktionalität zur Verfügung und kann (soll!) deshalb hier verwendet werden (Prinzip: Code Re-Use). Die folgenden Zeilen beinhalten die Spezialisierung dieser Methode für den Typ `Arbeiter`.

Polymorphismus

Der Begriff Polymorphismus (Vielgestaltigkeit) bezeichnet unter Anderem die Eigenschaft, dass Objekte von Unterklassen überall dort verwendet werden können wo deren Basisklasse erwartet wird. Hierzu betrachten wir die Implementierung der `Firma`, die `Arbeiter` und `Angestellte` verwalten soll.

```
import java.util.ArrayList;

public class Firma {

    private String name;

    private ArrayList<Mitarbeiter> personal;

    public Firma() {
        personal = new ArrayList<>();
        setName("Default GmbH");
    }

    public Firma(String name) {
        personal = new ArrayList<>();
        setName(name);
    }
    public String getName() {
        return name;
    }

    public void setName(String name) {
        if (name != null && !name.isEmpty()) {
            this.name = name;
        } else {
            System.out.println("Fehler: ungueltiger Name: " + name);
        }
    }

    public void einstellen(Mitarbeiter m) {
        if (m != null) {
            personal.add(m);
        } else {
            System.out.println("Fehler: ungueltiger Mitarbeiter: " + m);
        }
    }

    public boolean kuendigen(Mitarbeiter m) {
        if (m != null) {
            return personal.remove(m);
```

```
        } else {
            System.out.println("Fehler: ungueltiger Mitarbeiter: " + m);
        }
        return false;
    }

    @Override
    public String toString() {
        String str = "Firma: " + getName() + "\n-----------------------------------------\n";

        for (Mitarbeiter m : personal) {
            str += m + "\n";
        }
        str += "-----------------------------------------\n";
        return str;
    }

    public void print() {
        System.out.println(this);
    }

}
```

Die Verwendung von `private ArrayList<Mitarbeiter> personal` ermöglicht nun sowohl `Arbeiter` als auch `Mitarbeiter` in *einer* Collection zu verwalten. Dies ist möglich, da `Arbeiter` und `Angestellter` alle Eigenschaften und Fähigkeiten (Methoden) von `Mitarbeiter` aufweisen. Sie können also auch in der Gestalt eines `Mitarbeiter`s erscheinen. Der Typ von Objekten von Klassen in Vererbungsbeziehungen ist also *polymorph*.

Die selbe Eigenschaft ist auch bei Methoden wie beispielsweise `public void einstellen(Mitarbeiter m)` zu sehen. Der Parameter ist vom Typ `Mitarbeiter`, aber es können Objekte aller Unterklassen von `Mitarbeiter` als Parameter übergeben werden.

Bei `toString` fällt auf, dass (wie schon zuvor) die Annotation `@Override` verwendet wurde. Welche Methode wird hier überschrieben? Die überschriebene Methode befindet sich in diesem Fall in der Klasse `Object`, von der *alle* Klassen *implizit* ableiten. In dieser Klasse `Object` sind einige wenige Methoden implementiert, die sozusagen die Basisfunktionalität aller Objekte darstellen. Im Zuge der Vererbung werden oftmals einige dieser Methoden überschrieben, also für sie eine spezifischere Implementierung erstellt.

Abstrakte Methoden und abstrakte Klassen

Wird eine Klasse als `abstract` deklariert, so kann man keine Instanzen dieser Klasse erzeugen. Sie dient somit nur als mögliche Basisklasse für etwaige ableitende Klassen. Natürlich stehen auch alle öffentlichen Methoden in den von dieser Klasse ableitenden Klassen zur Verfügung. In manchen Fällen möchte man erzwingen, dass bestimmte Methoden von allen Unterklassen implementiert werden müssen. In diesem Fall besteht die Möglichkeit eine *abstrakte Methode* zu definieren. Die abstrakte Methode zeichnet sich dadurch aus, dass sie *keine* Implementierung, also keinen Methodenrumpf enthält. Abstrakte Methoden finden vor allem dann Anwendung, wenn man in einer (abstrakten) Klasse zwar festlegen möchte, dass konkrete (ableitende) Klassen eine Implementierung zu dieser Methode anbieten *müssen*, andererseits aber an dieser Stelle keine sinnvolle Implementierung möglich ist.

Beispiel:

```
public abstract class Person {

    // Instanzvariablen
```

```
    // Konstruktoren

    // Get/Set-Methoden

    public abstract int getKostenProMonat();

}
```

Interfaces

In einigen Fällen möchte man *rein* abstrakte Klassen definieren, die also ausschließlich abstrakte Methoden (und keine Attribute) besitzen. Derartige Klassen erzwingen ableitende Klassen dazu konkrete Implementierungen zu diesen rein abstrakten Methoden anzubieten. Man kann also sagen, sie zwingen diese ableitenden Klassen eine bestimmte Funktionalität über eine festgelegte *Schnittstelle* anzubieten. Deshalb werden solche Klassen als `Interface`s bezeichnet.

Als Beispiel sei hier angeführt, eine Klasse mit der Fähigkeit auszustatten, dass Instanzen dieser Klasse *verglichen* und *sortiert* werden können. Ein entsprechendes Interface wird in der Java-Bibliothek zur Verfügung gestellt, und sieht in etwa folgendermassen aus:

```
public interface Comparable<T> {

    int compareTo(T o);

}
```

Klassen, die dieses Interface implementieren, müssen nun eine konkrete Implementierung dieser Methode anbieten. Dabei wird im Gegensatz zur Vererbung das Schlüsselwort `implements` verwendet. Der Wesentliche Unterschied zur Vererbung ist, dass nur von *einer Klasse abgeleitet werden kann*, aber eine Klasse *mehrere Interfaces implementieren* kann!

Das folgende Codebeispiel zeigt die Implementierung der `compareTo`-Methode in einer Klasse `Person`:

```
import java.lang.Comparable;

public abstract class Person implements Comparable<Person> {
    private String name;
    private int geburtsjahr;

    // Konstruktoren, Getter/Setter, weitere Methoden
    @Override
    public int compareTo(Person c) {
        if (other != null) {
            int c = this.getName().compareTo(other.getName());
            if (c == 0) {
                return this.getGeburtsjahr() - other.getGeburtsjahr();
            } else {
                return c;
            }
        } else {
            return Integer.MIN_VALUE; // spaeter werden wir das besser loesen
        }
    }

}
```

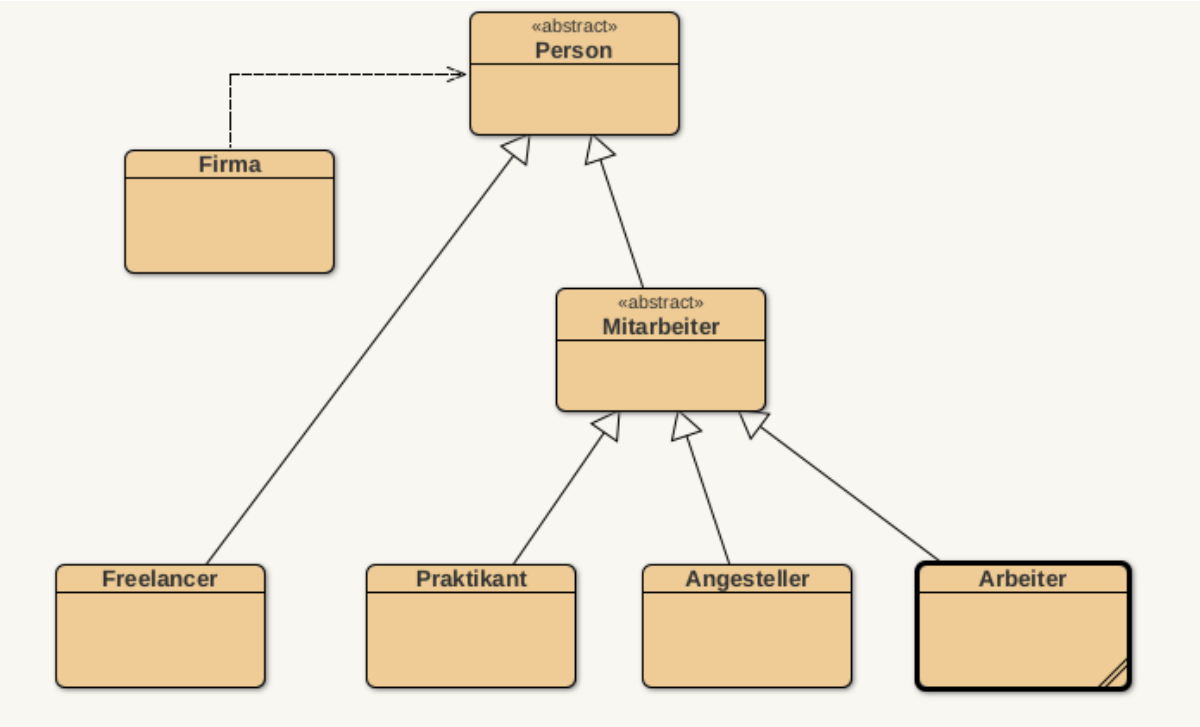
Die Methode verwendet die `compareTo`-Methoden von `String`, da die Klasse `String` auch `Comparable<String>`

implementiert. Der `int` Rückgabewert ist kleiner als 0 wenn dieses Objekt (`this`) vor `other` zu sortieren ist, größer als 0 wenn es danach kommen soll. Bei Gleichheit ist das Ergebnis 0. In diesem Fall verwendet die Methode das Geburtsjahr für einen genaueren Vergleich der beiden Objekte. Die Subtraktion der beiden `int`-Werte verhält sich analog zum schon zuvor beschriebenen Verhalten.

Klassenhierarchien

Angenommen es soll nun auch ein `Freelancer` dem Personal der Firma angehören. Auch hier bestehen gemeisame Attribute (Name, Geburtsjahr), allerdings hat der Freelancer im Gegensatz zu Arbeiter und Angestellter keinen festen Stundenlohn und eine Anstellung mit einer fixen Wochenstundenanzahl, sondern er arbeitet auf Projektbasis und bekommt für Projekte eine Projektpauschale bezahlt. Die Lösung dieser Modellierungsaufgabe besteht nun in einer mehrstufigen Vererbungshierarchie. Als gemeinsamer Basistyp von `Freelancer` und `Mitarbeiter` wird `Person` definiert, welche als Attribute `name` und `geburtsjahr` enthält. Die für `Arbeiter` und `Angestellter` spezifischen gemeinsamen Attribute `stundenlohn` und `anzahlWochenStunden` werden in `Mitarbeiter` definiert, welcher von `Person` ableitet.

Die folgende Darstellung zeigt die Verarbungshierarchie, so wie sie in BlueJ dargestellt wird.




```java
public abstract class Person implements Comparable<Person> {

    private String name;
    private int geburtsjahr;

    public Person() {
        setName("n/a");
        setGeburtsjahr(1900);
    }

    public Person(String name, int geburtsjahr) {
        setName(name);
        setGeburtsjahr(geburtsjahr);
    }
```

```
    public String getName() {
        return name;
    }

    public void setName(String name) {
        if (name != null && !name.isEmpty()) {
            this.name = name;
        } else {
            System.out.println("Fehler: ungueltiger Name: " + name);
        }
    }

    public int getGeburtsjahr() {
        return geburtsjahr;
    }

    public void setGeburtsjahr(int geburtsjahr) {
        if (geburtsjahr >= 1900 && geburtsjahr <= 2050) {
            this.geburtsjahr = geburtsjahr;
        } else {
            System.out.println("Fehler: ungueltiges Geburtsjahr: " + geburtsjahr);
        }
    }

    public abstract int getKostenProMonat();

    @Override
    public int compareTo(Person o) {
        if (o != null) {
            int c = this.getName().compareTo(o.getName());
            if (c == 0) {
                return this.getGeburtsjahr() - o.getGeburtsjahr();
            } else {
                return c;
            }
        } else {
            return -1; // spaeter werden wir das besser loesen
        }
    }

    @Override
    public String toString() {
        String str = getName() + " (Geb.Jahr: " + getGeburtsjahr() + ")";
        return str;
    }

}
```

Diese Klasse enthält nun eine abstrakte Methode zur Berechnung der monatlichen Kosten. Der Grund hierfür ist, dass wir einerseits erzwingen wollen, dass alle konkreten ableitenden Klassen diese Methode implementieren. Andererseits fehlen an dieser Stelle die nötigen Attribute (Stundenlohn, Projektpauschale) um irgend eine sinnvolle Implementierung angeben zu können.

In dieser Klasse wird ebenso die `compareTo`-Methode des implementierten Interfaces `Comparable<Person>`

überschrieben. Diese steht dann in allen ableitenden Klassen zur Verfügung. Das Interface wird mit dem Typparameter `Person` parametriert, da ja mit Personen, oder deren Untertypen verglichen werden soll.

```
public class Freelancer extends Person {

    private int anzahlProjekte;
    private int projektPauschale;

    public Freelancer() {
        super();
        setAnzahlProjekte(1);
        setProjektPauschale(500);
    }

    public Freelancer(String name, int geburtsjahr, int anzahlProjekte, int projektPauschale) {
        super(name, geburtsjahr);
        setAnzahlProjekte(anzahlProjekte);
        setProjektPauschale(projektPauschale);
    }

    public int getAnzahlProjekte() {
        return anzahlProjekte;
    }

    public void setAnzahlProjekte(int anzahlProjekte) {
        if (anzahlProjekte >= 0) {
            this.anzahlProjekte = anzahlProjekte;
        } else {
            System.out.println("Fehler: ungueltige Anzahl an Projekten: " + anzahlProjekte);
        }
    }

    public int getProjektPauschale() {
        return projektPauschale;
    }

    public void setProjektPauschale(int projektPauschale) {
        if (projektPauschale > 200) {
            this.projektPauschale = projektPauschale;
        } else {
            System.out.println("Fehler: ungueltige Projektpauschale: " + projektPauschale);
        }
    }

    // abstrakte Methode getKostenProMonat aus Person muss hier implementiert werden!
    @Override
    public int getKostenProMonat() {
        return getAnzahlProjekte() * getProjektPauschale();
    }


    public String toString() {
        String str = super.toString();
        str += ", " + anzahlProjekte + " Projekte (Projektpauschale: " + projektPauschale + ")";
```

```
        return str;
    }
}
public abstract class Mitarbeiter extends Person {

    private int stundenlohn;
    private int anzahlWochenStunden;

    public Mitarbeiter() {
        super();
        setStundenlohn(10);
        setAnzahlWochenStunden(40);
    }

    public Mitarbeiter(String name, int geburtsjahr, int stundenlohn, int anzahlWochenStunden) {
        super(name, geburtsjahr);
        setStundenlohn(stundenlohn);
        setAnzahlWochenStunden(anzahlWochenStunden);
    }

    public int getStundenlohn() {
        return stundenlohn;
    }

    public void setStundenlohn(int stundenlohn) {
        if (stundenlohn > 7 && stundenlohn < 1000) {
            this.stundenlohn = stundenlohn;
        } else {
            System.out.println("Fehler: ungueltiger Stundenlohn: " + stundenlohn);
        }
    }

    public int getAnzahlWochenStunden() {
        return anzahlWochenStunden;
    }

    public void setAnzahlWochenStunden(int anzahlWochenStunden) {
        if (anzahlWochenStunden > 0 && anzahlWochenStunden <= 50) {
            this.anzahlWochenStunden = anzahlWochenStunden;
        } else {
            System.out.println("Fehler: ungueltige Wochenstundenanzahl: " + anzahlWochenStunden);
        }
    }

    public int getKostenProMonat() {
        // eigentlich 4.35 Wochen pro Monat
        // hier der Einfachkeit halber * 4
        int kosten = 4 * getStundenlohn() * getAnzahlWochenStunden();
        return kosten;
    }

    @Override
    public String toString() {
```

```
        String str = super.toString();
        str += " Stundenlohn: " + getStundenlohn() + ", " + getAnzahlWochenStunden() + " h/W";
        return str;
    }

    public void print() {
        System.out.println(this);
    }

}
public class Angestellter extends Mitarbeiter {

    private boolean ueberstundenPauschale;

    public Angestellter() {
        super("n/a", 1900, 10, 40);
        setUeberstundenPauschale(false);
    }

    public Angestellter(String name, int geburtsjahr, int stundenlohn, int anzahlWochenStunden,
                        boolean ueberstundenPauschale) {
        super(name, geburtsjahr, stundenlohn, anzahlWochenStunden);
        setUeberstundenPauschale(ueberstundenPauschale);
    }

    public boolean hasUeberstundenPauschale() {
        return ueberstundenPauschale;
    }

    public void setUeberstundenPauschale(boolean ueberstundenPauschale) {
        this.ueberstundenPauschale = ueberstundenPauschale;
    }

    @Override
    public int getKostenProMonat() {
        int kosten = super.getKostenProMonat();
        if (!hasUeberstundenPauschale()) {
            // Ueberstunden muessen extra bezahlt werden
            kosten += 5 * getStundenlohn();
        }
        return kosten;
    }

    @Override
    public String toString() {
        String str = super.toString();
        str += " Angestellter ";
        str += hasUeberstundenPauschale() ? " (Ueberstundenpauschale)" : " (keine Uestd.-Pauschale)";
        return str;
    }

    public void print() {
        System.out.println(this);
```

```
    }

}
public class Arbeiter extends Mitarbeiter {

    private boolean facharbeiter;

    public Arbeiter() {
        super("n/a", 1900, 10, 40);
        setFacharbeiter(false);
    }

    public Arbeiter(String name, int geburtsjahr, int stundenlohn, int anzahlWochenStunden,
                    boolean facharbeiter) {
        super(name, geburtsjahr, stundenlohn, anzahlWochenStunden);
        setFacharbeiter(facharbeiter);
    }

    public boolean isFacharbeiter() {
        return facharbeiter;
    }

    public void setFacharbeiter(boolean facharbeiter) {
        this.facharbeiter = facharbeiter;
    }

    @Override
    public int getKostenProMonat() {
        int kosten = super.getKostenProMonat();
        if (isFacharbeiter()) {
            kosten += 200; // Facharbeiterzuschlag
        }
        return kosten;
    }

    @Override
    public String toString() {
        String str = super.toString();
        str += isFacharbeiter() ? " Facharbeiter" : " Hilfsarbeiter";
        return str;
    }

    public void print() {
        System.out.println(this);
    }
}
public class Praktikant extends Mitarbeiter {

    public Praktikant() {
        super();
    }

    public Praktikant(String name, int geburtsjahr, int stundenlohn, int anzahlWochenStunden) {
```

```
        super(name, geburtsjahr, stundenlohn, anzahlWochenStunden);
    }

    @Override
    public String toString() {
        String str = super.toString() + " (Praktikant)";
        return str;
    }
}
```

Die Klasse `Firma` sieht nun wie folgt aus:

```
import java.util.ArrayList;
import java.util.Collections;

public class Firma {

    private String name;
    private ArrayList<Person> personal;

    public Firma() {
        personal = new ArrayList<>();
        setName("Default GmbH");
    }

    public Firma(String name) {
        personal = new ArrayList<>();
        setName(name);
    }
    public String getName() {
        return name;
    }

    public void setName(String name) {
        if (name != null && !name.isEmpty()) {
            this.name = name;
        } else {
            System.out.println("Fehler: ungueltiger Name: " + name);
        }
    }

    public void einstellen(Person m) {
        if (m != null) {
            personal.add(m);
        } else {
            System.out.println("Fehler: ungueltiger Mitarbeiter: " + m);
        }
    }

    public boolean kuendigen(Person m) {
        if (m != null) {
            return personal.remove(m);
        } else {
            System.out.println("Fehler: ungueltiger Mitarbeiter: " + m);
        }
```

```
        return false;
    }

    public String toString() {
        String str = "Firma: " + getName() + "\n----------------------------------------\n";

        for (Person m : personal) {
            str += m + "\n";
        }
        str += "\n";

        int kosten = 0;
        for (Person m : personal) {
            kosten += m.getKostenProMonat();
        }
        str += "Kosten pro Monat: " + kosten + "\n";
        str += "----------------------------------------\n";


        return str;
    }

    public void print() {
        System.out.println(this);
    }

    public void sortieren() {
        Collections.sort(personal);
    }
}
```

Die Methode `sortieren` verwendet die statische Methode `sort` der Klasse `Collections` um das Personal der Firma zu sortieren. Diese Methode kann nur mit Collections verwendet werden die Klassen enthalten die das `Comparable`-Interface implementieren. Auf diese Art wird dem Sortieralgorithmus die Information zur Verfügung gestellt, wie zwei Objekte dieser Klasse (oder deren Unterklassen) in die richtige Reihenfolge zu bringen sind.

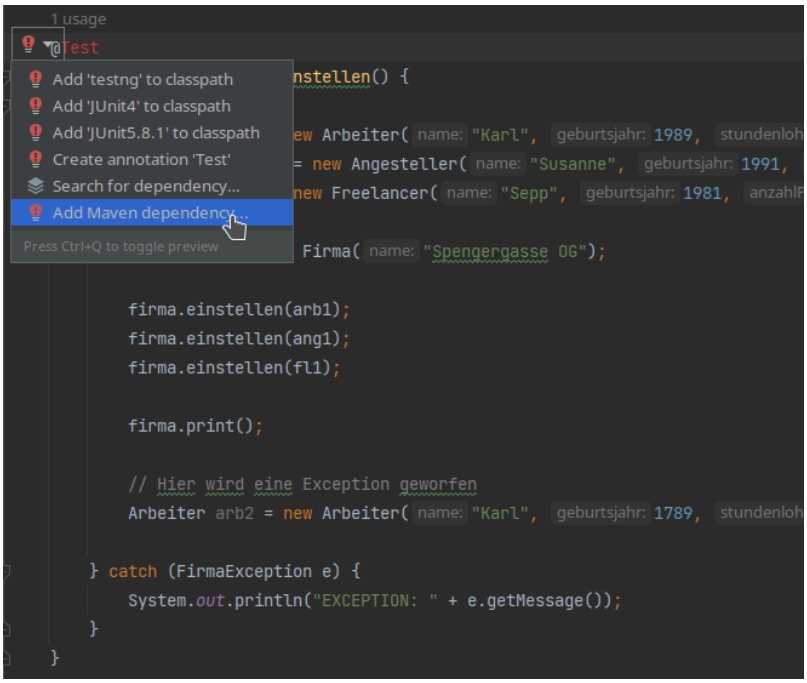
Unit-Tests (JUnit)

Die bisher entwickelten Testklassen weisen noch den erheblichen Nachteil auf, dass die von ihnen erzeugten Ausgaben auf der Kommandozeile stets manuell überprüft werden müssen. Bei größeren Projekten ist dies nicht mehr praktikabel. Das Test-Framework *JUnit* unterstützt die Entwicklung von Testklassen erheblich.

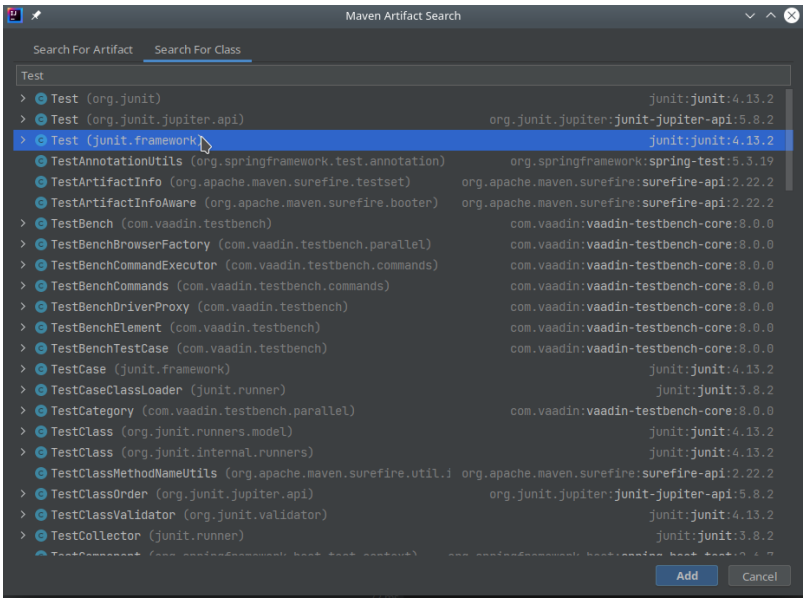
Wir betrachten eine Testklasse `Firma`, nämlich `TestFirma`, und versehen hierbei die Testmethoden mit der Annotation `@Test`. Testmethoden dürfen nicht statisch sein!

```
public class TestFirma {

    @Test
    public void testEinstellen() {
        try {
            Arbeiter arb1 = new Arbeiter( name: "Karl",  geburtsjah
            Angesteller ang1 = new Angesteller( name: "Susanne",
            Freelancer fl1 = new Freelancer( name: "Sepp",  geburt

            Firma firma = new Firma( name: "Spengergasse 0G");

            firma.einstellen(arb1);
            firma.einstellen(ang1);
            firma.einstellen(fl1);

            assert(firma.anzahlMitarbeiter() == 3);
```

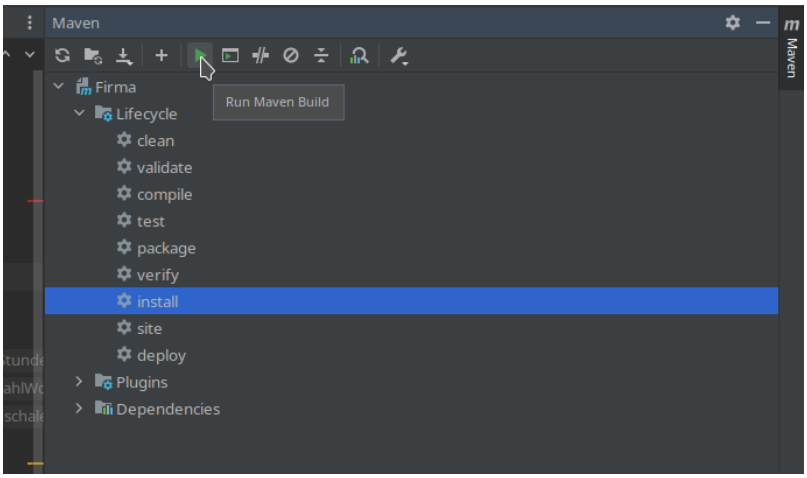
Wir erhalten zunächst einen Fehler, da die Annotation nicht erkannt wird. Wir müssen JUnit als Abhängigkeit zum Projekt hinzufügen.



Im Kontextmenü wählen wir die entsprechende Version...



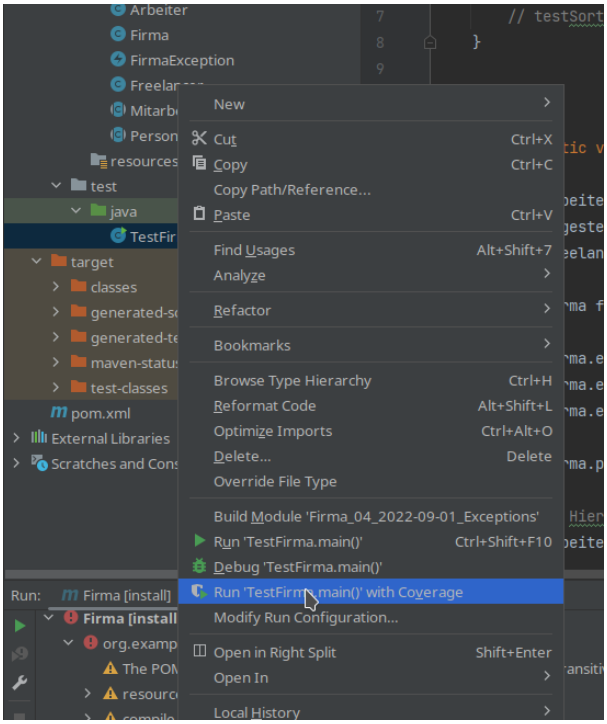
... und führen Maven Install aus.



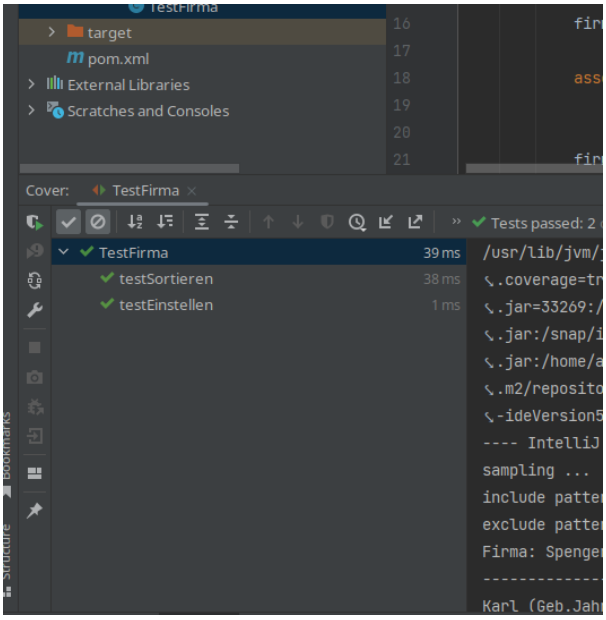
Nun kann IntelliJ per QuickFix das zugehörige Import-Statement hinzufügen. In der Implementierung der Methode findet sich ein `assert`-Statement. Bei der Ausführung des Testcodes soll nun sichergestellt werden, dass die Bedingung innerhalb dieses Ausdrucks zu `true` evaluiert. Da zuvor drei Personen zur Firma hinzugefügt wurden, muss diese nun genau drei Personen enthalten. Ist dies nicht der Fall, so wurde in diesem Testfall ein Fehler aufgedeckt.

```java
import org.junit.Test;

public class TestFirma {

    @Test
    public void testEinstellen() {
        try {
            Arbeiter arb1 = new Arbeiter( name: "Karl",  geburtsja
            Angesteller ang1 = new Angesteller( name: "Susanne",
            Freelancer fl1 = new Freelancer( name: "Sepp",  gebur

            Firma firma = new Firma( name: "Spengergasse 06");

            firma.einstellen(arb1);
            firma.einstellen(ang1);
            firma.einstellen(fl1);

            assert(firma.anzahlMitarbeiter() == 3);
```

Durch Klick auf *Run with Coverage* im Kontextmenü zur Testklasse wird der Testfall ausgeführt.



Links unten werden dann die Ergebnisse der Testfälle angezeigt. Das grüne Häckchen gibt an, dass der Testfall erfolgreich (ohne Fehler) ausgeführt wurde.



Ziel ist es, eine möglichst hohe Testabdeckung des Codes zu erreichen. Das Ausführen dieser Tests liefert dann quasi per Knopfdruck als Ergebnis, ob (nach etwaigen Änderungen) Fehler im Code vorhanden sind.

********** TEIL 3 **********

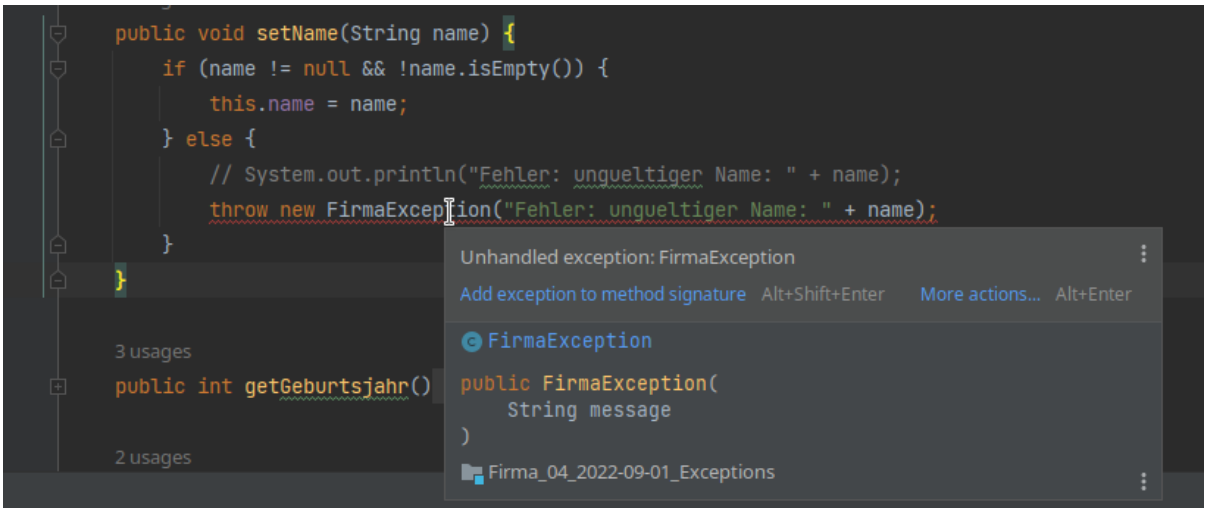
Ausnahmebehandlung (Exceptions)

Exceptions sind ein Sprachmittel von Java um Fehler- und Ausnahmesituationen geeignet behandeln zu können. Die Ausnahmebehandlung ermöglicht in vielen Fällen, das Programm auch in derartigen Situationen fortzusetzen. Weiters ermöglichen Exceptions andere Programmteile über aufgetretene Fehler oder Ausnahmesituationen zu informieren.

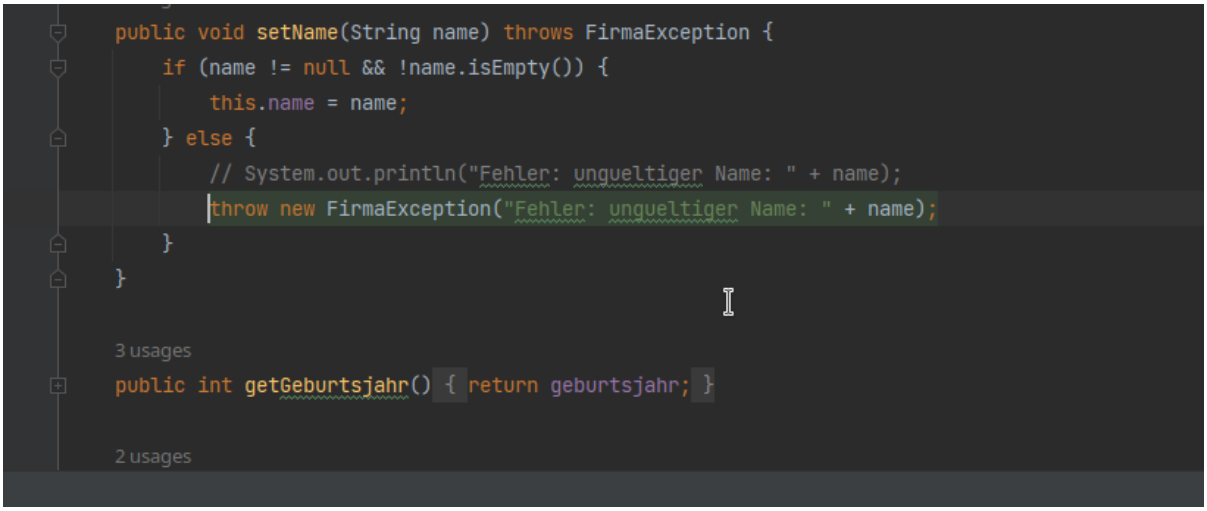
Für das begleitende Beispiel `Firma` definieren wir eine neue Klasse `FirmaException` die von `Exception` ableitet. In allen Fehler- und Ausnahmesituationen sollen künftig Instanzen dieser Klasse verwendet werden.

```
public class FirmaException extends Exception {

    public FirmaException(String message) {
        super(message);
    }

    public FirmaException(String message, Exception e) {
        super(message, e);
    }
}
```

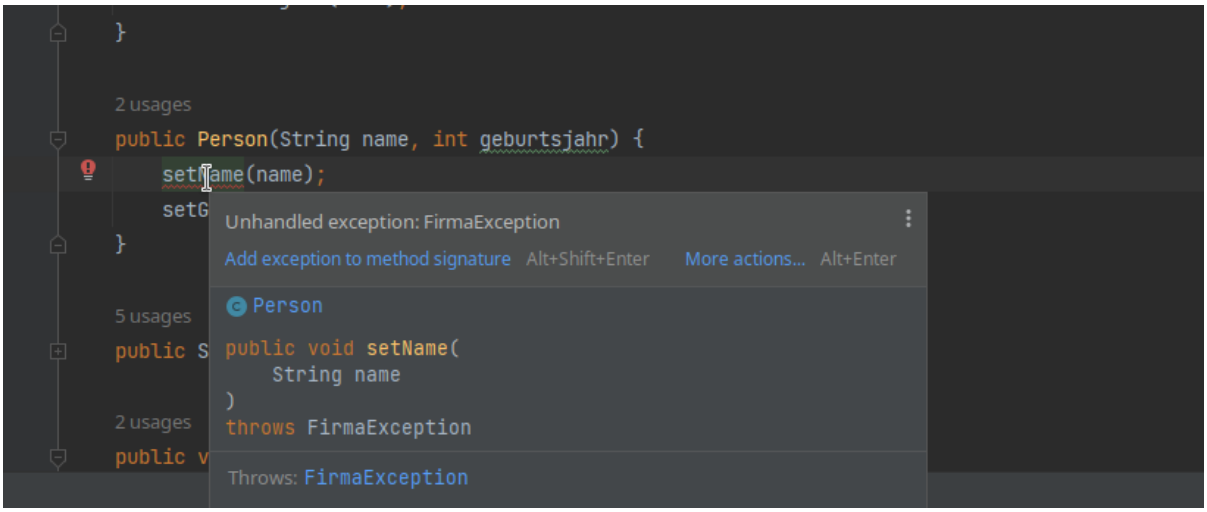
Wir betrachten nun die Methode `setName` in `Person` aus dem begleitenden Beispiel. Bisher gab es im else-Zweig lediglich ein `System.out.println`, das eine Fehlermeldung auf die Konsole geschrieben hat. Dies ist keine vollständige Fehlerbehandlung, da es sich lediglich um eine Ausgabe handelt (die vielleicht von niemandem gesehen wird), und insbesondere auch andere Programmteile (Aufrufer der Methode) nicht vom Fehler informiert werden. Künftig sollen anstatt derartiger Ausgaben Exceptions *geworfen* werden. Das Schlüsselwort lautet `throw` gefolgt von `new` und Klassenname einer Exception-Klasse. Die Methode wird nach der Ausführung von `throw` verlassen, d.h. die Exception wird an den Aufrufer der Methode *durchgereicht*.



Man sieht in der Abbildung, dass der Compiler nun einen Fehler anzeigt. Die vorgeschlagene Lösung fügt im Methodenkopf `throws FirmaException` hinzu.



Durch diese Deklaration wird sichergestellt, dass der Aufrufer dieser Methode die potentiell auftretende Exception in irgend einer Form behandeln muss. So wird auch im Konstruktor ein derartiger Fehler angezeigt, da dort die Methode `setName` verwendet wird, die eben potentiell eine `FirmaException` wirft.



Da der Fehler im Konstruktor nicht weiter behandelt wird (dies ist in diesem Fall kaum sinnvoll möglich), muss auch beim Konstruktor deklariert werden: `throws FirmaException`. Die aktuelle Implementierung der Klasse `Person` sieht also wie folgt aus:

```
import java.lang.Comparable;

public abstract class Person implements Comparable<Person> {
    private String name;
    private int geburtsjahr;

    public Person() throws FirmaException {
        setName("n/a");
        setGeburtsjahr(1900);
    }

    public Person(String name, int geburtsjahr) throws FirmaException {
        setName(name);
        setGeburtsjahr(geburtsjahr);
    }

    public String getName() {
        return name;
    }

    public void setName(String name) throws FirmaException {
        if (name != null && !name.isEmpty()) {
            this.name = name;
        } else {
            throw new FirmaException("Fehler: ungueltiger Name: " + name);
        }
    }

    public int getGeburtsjahr() {
        return geburtsjahr;
    }

    public void setGeburtsjahr(int geburtsjahr) throws FirmaException {
        if (geburtsjahr >= 1900 && geburtsjahr <= 2050) {
```

```
            this.geburtsjahr = geburtsjahr;
        } else {
            throw new FirmaException("Fehler: ungueltiges Geburtsjahr: " + geburtsjahr);
        }
    }

    public abstract int getKostenProMonat();

    @Override
    public int compareTo(Person o) {
        // unveraendert zur vorigen Version
    }

    @Override
    public String toString() {
        String str = getName() + " (Geb.Jahr: " + getGeburtsjahr() + ")";
        return str;
    }

}
```

Analog können wir die `FirmaException` in der Klasse `Firma` verwenden:

```
import java.util.ArrayList;
import java.util.Collections;

public class Firma {

    private String name;
    private ArrayList<Person> personal;

    public Firma() throws FirmaException {
        personal = new ArrayList<>();
        setName("Default GmbH");
    }

    public Firma(String name) throws FirmaException {
        personal = new ArrayList<>();
        setName(name);
    }

    public String getName() {
        return name;
    }

    public void setName(String name) throws FirmaException {
        if (name != null && !name.isEmpty()) {
            this.name = name;
        } else {
            throw new FirmaException("Fehler: ungueltiger Name: " + name);
        }
    }

    public void einstellen(Person m) throws FirmaException {
        if (m != null) {
```

```
            personal.add(m);
        } else {
            throw new FirmaException("Fehler: ungueltiger Mitarbeiter: " + m);
        }
    }

    public boolean kuendigen(Person m) throws FirmaException {
        if (m != null) {
            return personal.remove(m);
        } else {
            throw new FirmaException("Fehler: ungueltiger Mitarbeiter: " + m);
        }
    }

    public String toString() {
        String str = "Firma: " + getName() + "\n----------------------------------------\n";

        for (Person m : personal) {
            str += m + "\n";
        }
        str += "\n";

        int kosten = 0;
        for (Person m : personal) {
            kosten += m.getKostenProMonat();
        }
        str += "Kosten pro Monat: " + kosten + "\n";
        str += "----------------------------------------\n";

        return str;
    }

    public void print() {
        System.out.println(this);
    }

    public void sortieren() {
        Collections.sort(personal);
    }
}
```

Wo sollen die geworfenen Exceptions nun *abgefangen* oder *gefangen* werden? Eine geeignete Stelle könnte beispielsweise eine Benutzeroberfläche zu einer Personalverwaltungssoftware sein, die derartige Datenklassen (Person, Mitarbeiter, Arbeiter, Angestellter, etc.) im Hintergrund als Modell-Klassen verwendet. Bei einer fehlerhaften Eingabe würde die Benutzeroberfläche dann die entsprechende set-Methode aufrufen, wo eine Exception geworfen würde. Im Code der Benutzeroberfläche würde diese Exception dann abgefangen, und eine entsprechende Fehlermeldung angezeigt werden.

In unserem Fall werden diese Modell-Klassen bisher nur innerhalb der Test-Klassen "verwendet". Also muss auch dort eine entsprechende Fehlerbehandlung stattfinden. Wir betrachten die Methode `testEinstellen` der Klasse `TestFirma`. In dieser Klasse wird ein Arbeiter, ein Angestellter und ein Freelancer erzeugt, und diese der anschließend erzeugten Firma hinzugefügt. Bei all diesen Operationen könnte potentiell eine Exception geworfen werden.

```
public static void testEinstellen() {
```

```
        try {
            Arbeiter arb1 = new Arbeiter("Karl", 1989, 15, 40, false);
            Angestellter ang1 = new Angestellter("Susanne", 1991, 20, 30, false);
            Freelancer fl1 = new Freelancer("Sepp", 1981, 3, 300);

            Firma firma = new Firma("Spengergasse OG");

            firma.einstellen(arb1);
            firma.einstellen(ang1);
            firma.einstellen(fl1);

            firma.print();

            // Hier wird eine Exception geworfen
            Arbeiter arb2 = new Arbeiter("Karl", 1789, 15, 40, false);

            firma.print();

        } catch (FirmaException e) {
            System.out.println("EXCEPTION: " + e.getMessage());
        }
    }
```

Um diese potentielle Exceptions zu behandeln, werden die betroffenen Statements innerhalb eines `try`-Blocks gesetzt. Im direkt darauffolgenden `catch`-Block wird angegeben, welche Exceptions behandelt werden sollen. Es kann zu einem `try`-Block durchaus auch mehrere `catch`-Blöcke geben. Im konkreten Fall werden nur Ausnahmen vom Typ `FirmaException` geworfen, welche dann im `catch`-Block gefangen werden. Die eigentliche Fehlerbehandlung findet innerhalb des `catch`-Blockes statt. In den folgenden Kapiteln werden hierzu konkrete Möglichkeiten vorgestellt, aktuell beschränken wir uns auf eine Ausgabe mittels `System.out.println`. Die konkrete Fehlermeldung erhält man durch Aufruf der Methode `getMessage` auf der geworfenen Instanz der `FirmaException`.

Bis auf die vorletzte Zeile des `try`-Blockes werden im konkreten Beispiel keine Exceptions geworfen. In dieser vorletzten Zeile führt jedoch ein fehlerhaftes Geburtsjahr zu einer `FirmaException`. Die darauffolgende Zeile `firma.print()` wird nicht mehr ausgeführt, die Abarbeitung wird nach einer geworfen Exception direkt im `catch`-Block fortgesetzt.

Checked vs. unchecked Exceptions

Die bisher vorgestellten Exceptions sind sogenannte *checked* Exceptions. Dies bedeutet, dass der Compiler deren entsprechende Behandlung sicherstellt. Aus genau diesem Grund musste bei der Verwendung von `throws new FirmaException` jedes Mal im Methodenkopf `throws FirmaException` hinzugefügt werden. Ebenso stellt der Compiler sicher, dass derartige Methoden im Endeffekt innerhalb eines `try-catch`-Blockes augerufen werden.

Diese Herangehensweise kann zwar als besonders sicher angesehen werden, bringt jedoch unter Umständen auch Nachteile mit sich. So können beispielsweise die entsprechenden `throws`-Deklarationen, sowie `try-catch`-Blöcke an sehr vielen Stellen im Code auftreten, was unter Umständen die Lesbarkeit und Wartbarkeit des Codes verschlechtert. Deshalb gibt es auch sogenannte *unchecked*-Exceptions, deren Behandlung und Deklaration vom Compiler nicht erzwungen wird. Alle Exceptions die von `Error` oder `RuntimeException` ableiten sind unchecked.

Im Zusammenhang mit Frameworks wird oftmals der Ansatz mit unchecked-Exceptions bevorzugt. Dennoch empfehlen wir als grundlegenden Einstieg zunächst den vorgestellten Weg mittels checked-Exceptions, da dadurch die Fehleranfälligkeit etwas reduziert wird.

Finally

Nach einem `try`-Block folgen ein oder mehrere `catch`-Blöcke. Zusätzlich kann ein `finally`-Block angegeben werden. Dieser enthält Code, der in jedem Fall ausgeführt wird, unabhängig davon ob eine Exception aufgetreten ist, oder nicht. Dies wird üblicherweise zum Schließen diverser Ressourcen wie Dateien oder Netzwerkverbindungen verwendet.

```
try {
    // Code
} catch (ExceptionA e1) {
    // Fehlerbehandlung
} catch (ExceptionB e2) {
    // Fehlerbehandlung
} finally {
    // Wird in jedem Fall ausgeführt.
    // Schließen etwaiger Ressourcen
}
```

Collections: HashSet und TreeSet

`HashSet` und `TreeSet` implementieren das `Set`-Interface auf jeweils unterschiedliche Art und Weise. In einem `Set` soll sichergestellt sein, dass *(inhalts-)gleiche* Objekte nicht mehrfach enthalten sind. Damit diese beabsichtigte Funktionalität des `Set`s gewährleistet ist, muss also in jedem Fall die `equals`-Methode implementiert sein. Wir haben die `equals`-Methode schon zum Test auf *Inhaltsgleichheit* verwendet. An dieser Stelle sei ergänzt, dass die `equals`-Methode in `Object` definiert ist (alle Java-Klassen leiten von `Object` ab). Die dortige Implementierung testet jedoch nur auf *Referenzgleichheit*, also ob es sich bei der Instanz auf der sie aufgerufen wird, und dem Parameter um ein und das selbe Objekt handelt. Um dieses Verhalten abzuändern, muss die Methode überschrieben werden!

HashSet

Zur Verwendung in `HashSet` müssen Klassen die Methode `hashCode` überschreiben, die ebenfalls in `Object` definiert ist. Wichtig ist, dass `equals` und `hashCode` immer *konsistent* implementiert werden. Wir wollen hier jedoch nicht näher auf Details eingehen, sondern präsentieren einfach den mit IntelliJ generierten Code zur Klasse `Person`.

```
    @Override
    public boolean equals(Object o) {
        if (this == o) return true;
        if (o == null || getClass() != o.getClass()) return false;
        Person person = (Person) o;
        return geburtsjahr == person.geburtsjahr && name.equals(person.name);
    }

    @Override
    public int hashCode() {
        return Objects.hash(name, geburtsjahr);
    }
```

Die Methode `getClass` wird hierbei verwendet um die konkrete Klasse eines Objektes abzufragen. Für die Inhaltsgleichheit wird hier vorausgesetzt, dass auch die Klassen gleich sein müssen. Für eine genauere Darstellung der Funktionsweise des `HashSet`s sei auf den Theorie-Teil verwiesen.

TreeSet

Das `TreeSet` verhält sich gleich wie das `HashSet`, Unterschiede ergeben sich allerdings in der *Laufzeitperformance* der darauf ausgeführten Operationen.

Serialisierung

Der Begriff *Serialisierung* bedeutet, dass *Objekte* (die ja als Daten im Hauptspeicher vorliegen) in eine sequentielle Form gebracht werden, die es ermöglicht sie in Dateien zu schreiben, oder über das Netzwerk zu übertragen.

Die erste der beiden folgenden Methoden in Firma ermöglicht nun die Firma samt deren Mitarbeiter in einem binären Format in eine Datei zu speichern.

Nun ist es anhand der zweiten Methode möglich, das Firmen-Objekt mit allen Mitarbeitern wieder aus der Datei herzustellen. Dies kann auch nach dem Neustart des Programmes, oder gar auf einem anderen Rechner erfolgen, da alle notwendigen Daten in der Datei gespeichert wurden.

```
public void serialize() throws FirmaException {
    ObjectOutputStream oos = null;
    try {
        oos = new ObjectOutputStream(new FileOutputStream("firma.ser"));
        oos.writeObject(this);
    } catch (IOException e) {
        throw new FirmaException("I/O Error: " + e.getMessage());
    } finally {
        try {
            if (oos != null) {
                oos.flush();
                oos.close();
            }
        } catch (IOException e) {
            throw new FirmaException("I/O Error: " + e.getMessage());
        }
    }
}

public static Firma deserialize() throws FirmaException {
    Firma firma = null; // implements Serializable
    ObjectInputStream ois = null;
    try {
        ois = new ObjectInputStream(new FileInputStream("firma.ser"));
        firma = (Firma)ois.readObject();
    } catch (FileNotFoundException e) {
        throw new FirmaException("Datei nicht gefunden. " + e.getMessage());
    } catch (IOException e) {
        throw new FirmaException("I/O Error: " + e.getMessage());
    } catch (ClassNotFoundException e) {
        throw new FirmaException("Fehler bei der Konvertierung. " + e.getMessage());
    } finally {
        try {
            if (ois != null) {
                ois.close();
            }
        } catch (IOException e) {
            throw new FirmaException("I/O Error: " + e.getMessage());
        }
    }
    return firma;
}
```

Im obigen Code werden die Objekte `ObjectOutputStream` in Kombination mit `FileOutputStream`, sowie `ObjectInputStream` mit `FileInputStream` verwendet. Der wesentliche Code ist einerseits `ostr.writeObject(this)`, also das Schreiben des gegenwärtigen Objektes in den OutputStream, sowie `f = (Firma)in.readObject()` zum Einlesen der Datei. Hierbei muss noch eine explizite Typkonviertierung vorgenommen werden.

Der restliche Code betrifft die Ausnahmebehandlung. So kann es beim Schreiben oder Lesen der Datei zu Ausnahmefällen kommen, wie einer vollen Festplatte, oder einem entfernten USB-Stick, oder fehlenden Schreibrechten, u.v.m. Die entsprechenden Streams müssen jedenfalls wieder geschlossen werden, was im `finally`-Block erfolgt. Hierbei kann es wiederum zu Ausnahmen kommen, weshalb dieser Block wiederum einen `try-catch`-Block enthält. Dies ist zugegeben etwas umständlich, weshalb wir in Kürze eine etwas einfachere Variante vorstellen werden. An sich ist das Codestück jedoch funktionsfähig. Bei der Ausführung erhält man jedoch eine `NotSerializableException`, die angibt, dass nicht sichergestellt ist, dass sich die betroffenen Objekte tatsächlich serialisieren lassen.

Um dieses Problem zu beheben, müssen alle beteiligten Klassen das Interface `Serializable` implementieren. Dieses Interface enthält keine zu implementierenden Methoden. Es handelt sich lediglich um ein *Marker-Interface*, das angibt, dass die implementierenden Klassen tatsächlich sinnvoll serialisiert werden können.

Die obigen Methoden zur Serialisierung und Deserialisierung können mithilfe des "Try-With-Resources"-Statements etwas kompakter und übersichtlicher implementiert werden. Ressourcen sind hierbei Objekte, die nach deren Verwendung wieder geschlossen werden müssen. Diese Ressourcen werden hierbei in runden Klammern direkt nach dem Schlüsselwort `try` angegeben. Der `finally`-Block zur Sicherstellung des Schließens der Ressource kann dadurch entfallen.

```
public void serialize() throws FirmaException {
    try (FileOutputStream fos = new FileOutputStream("firma.ser");
         ObjectOutputStream oos = new ObjectOutputStream(fos))
    {
        oos.writeObject(this);
    }  catch (IOException e) {
        throw new FirmaException("I/O Error: " + e.getMessage());
    }
}

public static Firma deserialize() throws FirmaException {
    Firma firma = null;
    try (FileInputStream fis = new FileInputStream("firma.ser");
         ObjectInputStream ois = new ObjectInputStream(fis))
    {
        firma = (Firma)ois.readObject();
    } catch (FileNotFoundException e) {
        throw new FirmaException("Datei nicht gefunden. " + e.getMessage());
    } catch (IOException e) {
        throw new FirmaException("I/O Error: " + e.getMessage());
    } catch (ClassNotFoundException e) {
        throw new FirmaException("Fehler bei der Konvertierung. " + e.getMessage());
    }
    return firma;
}
```

Mittels des Schlüsselwortes `transient` können Attribute markiert werden die *nicht* (de-)serialisiert werden sollen. Anhand des Attributs `static final long serialVersionUID = 42L;` kann eine "Versionsnummer" zur Klasse vergeben werden um die Kompatibilität mit bestimmten Softwareversionen sicherzustellen.

Lesen und Schreiben von Dateien

Die durch die Serialisierung entstandene Datei ist für Menschen nicht (oder nur teilweise) lesbar, da es sich um ein Binärformat handelt. In vielen Fällen möchte man jedoch Textdateien schreiben die *human-readable* sind. Beispiele für solche Formate sind: `xml`, `json`, oder `csv`. Letzteres steht für "Comma-Separated-Values", d.h. Dateien deren Elemente durch das Strichpunkt-Zeichen ";" getrennt sind (oft auch ","). Derartige Dateien können einerseits mit reinen Texteditoren gelesen und bearbeitet werden, jedoch auch mit Tabellenkalkulationen wie Excel. Diese interpretieren die Strichpunkte dann als Trennzeichen für Spalten.

```
Spengergasse OG
Arbeiter;Karl;1989;15;40;Hilfsarbeiter
Angestellter;Susanne;1991;20;30;keine Ueberstundenpauschale
Freelancer;Sepp;1981;3;300
```

Zum Lesen und Schreiben von Textdateien erweitern wir zunächst die Klasse Firma um die folgenden Methoden.

```
    public void writeToFile(String filename) throws FirmaException {
        try (FileWriter fw = new FileWriter(filename);
             BufferedWriter bw = new BufferedWriter(fw))
        {
            bw.write(this.toCSVString());
        } catch (IOException e) {
            throw new FirmaException("I/O Error: " + e.getMessage());
        }
    }

    public static Firma readFromFile(String filename) throws FirmaException {
        Firma firma = null;
        try (FileReader fr = new FileReader(filename);
             BufferedReader br = new BufferedReader(fr))
        {
            String line = br.readLine();
            if (line != null && !line.isEmpty() && !line.isBlank()) {
                firma = new Firma(line);
            } else {
                throw new FirmaException("Ungueltige Eingabedatei: ungueltiger Firmenname
                                          in erster Zeile");
            }
            line = br.readLine();
            while (line != null) {

                Person p = null;
                if (line.startsWith("Arbeiter")) {
                    p = new Arbeiter(line);
                } else if (line.startsWith("Angestellter")) {
                    p = new Angestellter(line);
                } else if (line.startsWith("Freelancer")) {
                    p = new Freelancer(line);
                } else {
                    throw new FirmaException("Ungueltiger Mitarbeitertyp in Zeile " + line);
                }
                firma.einstellen(p);
                line = br.readLine();
            }
        } catch (FileNotFoundException e) {
```

```
            throw new FirmaException("File " + filename + " not found. " + e.getMessage());
        } catch (IOException e) {
            throw new FirmaException("I/O Error: " + e.getMessage());
        }
        return firma;
    }
```

Diese Methoden setzen voraus, dass die beteiligten Klassen (`Firma`, `Arbeiter`, `Angestellter`, `Freelancer`) jeweils die Methode `toCSVString()` enthalten, als auch entsprechende Konstruktoren implementieren, die Objekte aufgrund eines einzelnen Parameters (csv-String) erzeugen.

Wir betrachten zunächst das Schreiben in die csv-Datei näher. Die Implementierung von `toCSVString` in `Firma` sieht wie folgt aus:

```
    public String toCSVString() {
        String s = getName() + "\n";
        for (Person p : personal) {
            s += p.toCSVString() + "\n";
        }
        return s;
    }
```

Dabei wird von allen `Person`en ebenfalls die Methode `toCSVString()` aufgerufen. Die Implementierung in beispielsweise `Arbeiter` sieht wie folgt aus:

```
    @Override
    public String toCSVString() {
        return super.toCSVString() + ";" + (isFacharbeiter() ? "Facharbeiter" : "Hilfsarbeiter");
    }
```

Hier wird die entsprechende Methode der Basisklasse aufgerufen, danach folgt durch einen Strichpunkt getrennt die Information ob Fach- oder Hilfsarbeiter. In der direkten Basisklasse (`Mitarbeiter`) sieht die Methode wie folgt aus:

```
    @Override
    public String toCSVString() {
        return super.toCSVString() + ";" + getStundenlohn() + ";" + getAnzahlWochenStunden();
    }
```

Diese bezieht sich wiederum auf die entsprechende Methode der Basisklasse, nämlich `Person`:

```
    public String toCSVString() {
        return this.getClass().getName() + ";" + getName() + ";" + getGeburtsjahr();
    }
```

Hier wird als erstes `this.getClass().getName()` aufgerufen, um den Namen der Klasse in die erste Spalte zu schreiben.

Beim Lesen der Datei (`readFromFile`) wird zunächst die erste Zeile geprüft, und damit (falls nicht null und nicht leer) eine Instanz von `Firma` erzeugt. In der while-Schleife werden dann die weiteren Zeilen gelesen. Anhand der if-Bedingungen wird unterschieden, um welchen Typ von Mitarbeiter es sich tatsächlich handelt, und mittels des Konstruktors mit einem String-Parameter das entsprechende Objekt erzeugt. Der entsprechende Konstruktor sieht bei `Angestellter` wie folgt aus:

```
  public Angestellter(String csv) throws FirmaException {
        String[] tokens = csv.split(";");
        if (tokens.length != 6) {
            throw new FirmaException("Ungueltige Zeile: " + csv + ". 6 Spalten erwartet.");
        }
```

```
        String name = tokens[1];
        setName(name);

        int geburtsjahr = 0;
        try {
            geburtsjahr = Integer.parseInt(tokens[2]);
        } catch (NumberFormatException e) {
            throw new FirmaException("Ungueltige Zeile: " + csv + ". Geburtsjahr in der
                                     3. Spalte erwartet.");
        }
        setGeburtsjahr(geburtsjahr);

        int stundenlohn;
        try {
            stundenlohn = Integer.parseInt(tokens[3]);
        } catch (NumberFormatException e) {
            throw new FirmaException("Ungueltige Zeile: " + csv + ". Stundenlohn in der
                                     4. Spalte erwartet.");
        }
        setStundenlohn(stundenlohn);

        int anzahlWochenstunden;
        try {
            anzahlWochenstunden = Integer.parseInt(tokens[4]);
        } catch (NumberFormatException e) {
            throw new FirmaException("Ungueltige Zeile: " + csv + ". Anzahl Wochenstunden
                                                              in der 5. Spalte erwartet.");
        }
        setAnzahlWochenStunden(anzahlWochenstunden);

        boolean ueberstundenpauschale = true;
        if (tokens[5] != null && tokens[5].equals("keine Ueberstundenpauschale")) {
            ueberstundenpauschale = false;
        } else if (tokens[5] != null && tokens[5].equals("Ueberstundenpauschale")) {
            ueberstundenpauschale = true;
        } else {
            throw new FirmaException("Ungueltige Zeile: " + csv + ". Info zu Ueberstundenpauschale
                                     in 6. Spalte erwartet.");
        }
        setUeberstundenPauschale(ueberstundenpauschale);

    }
```

In der ersten Zeile wird der übergebene csv-String zunächst anhand des Trennzeichens ";" in einzelne Tokens gesplitted. Jedes Element des Arrays enthält danach den Eintrag einer Spalte der Zeile. Anschließend werden die einzelnen Elemente geprüft, und im Fehlerfall entsprechende Exceptions geworfen. `Integer.parseInt` wirft eine `NumberFormatException` falls der übergebene String nicht in eine ganze Zahl umgewandelt werden kann. Im Code wird diese Exception gefangen und in eine `FirmaException` "umgewandelt".

Versionsverwaltung (Git)

Git wird zur Verwaltung des Quellcodes von Softwareprojekten verwendet. Es ermöglicht mehreren Entwicklern, an der selben Codebasis zu arbeiten, die entstehenden Versionen werden im Git-Repository gespeichert. Dadurch kann