



## Übungsblatt 9

- Objektorientierte Programmierung 1 -

### Aufgabe 1: Klasse Studierende

Ein Student / eine Studentin wird beschrieben durch seinen/ihren Vornamen, Nachnamen und Matrikelnummer. Erzeugen kann man einen Student / eine Studentin, indem alle diese Angaben angegeben werden. Geben Sie eine Klasse Student an, die dieser Beschreibung genügt. Über eine Methode public String toString() soll man eine textuelle Beschreibung zu einem Studenten / einer Studentin bekommen. Testen Sie ihre Klasse mit folgendem Testprogramm:

```
public static void main(String[] args){
    Student willi = new Student("Willi", "Wichtig", 900);
    Student helga = new Student("Helga", "Eifrig", 901);

    //hier wird jeweils implizit die toString Methode aufgerufen
    System.out.println(willi);
    System.out.println(helga);
}
```

Die Ausgabe dazu soll sein:

```
Willi Wichtig (900)
Helga Eifrig (901)
```

Ein einzelnes Prüfungsergebnis eines Studenten / einer Studentin wird beschrieben durch den entsprechenden Studenten / Studentin, eine Note (nehmen Sie dazu float, da auch z.B. 1,3 möglich ist) und eine Punktzahl (ganzzahlig). Für den Studenten / die Studentin sehen Sie eine Referenz auf ein Objekt vom Typ Student vor! Realisieren Sie dies in einer Klasse Ergebnis. Sehen Sie eine toString-Methode analog zu oben vor. Testen Sie ihre Klasse mit folgendem Testprogramm:

```
public static void main (String[] args){
    //zwei Studenten erzeugen
    Student willi = new Student("Willi", "Wichtig", 900);
    Student helga = new Student ("Helga", "Eifrig", 901);
    //zwei Prüfungsergebnisse erzeugen
    Ergebnis e1 = new Ergebnis(willi, 4.0f, 60);
    Ergebnis e2 = new Ergebnis(helga, 1.0f, 118);
    //hier wird jeweils implizit die toString Methode aufgerufen
    System.out.println(e1);
    System.out.println(e2);
}
```

Die Ausgabe dazu soll sein:

```
Willi Wichtig (900) Note=4.0 Punktzahl=60
Helga Eifrig (901) Note=1.0 Punktzahl =118
```

Eine Prüfung wird beschrieben durch einen Prüfungsnamen, das Prüfungsdatum (nehmen Sie einen String dazu) sowie die Creditanzahl (ganzzahlig). Weiterhin gibt es  $n \in \mathbb{N}$  (inkl. 0) Einzelergebnisse (s.o.), jeweils zu einem Studenten / einer Studentin. Geben Sie eine Klasse Pruefung an. Diese soll einen Konstruktor

haben, mit dem man eine Prüfung noch ohne Ergebnisse anlegen kann. Weiterhin soll es eine Methode void neuesErgebnis(Ergebnis e) geben, die jeweils ein Einzelergebnis zu dieser Prüfung hinzufügt. Sehen Sie eine toString-Methode analog zu oben vor. Testen Sie ihre Klasse mit folgendem Testprogramm:

```
public static void main (String[] args){
    //zwei Studenten erzeugen
    Student willi = new Student("Willi" ,"Wichtig", 900);
    Student helga = new Student ("Helga" , "Eifrig" , 901);

    //zwei Pruefungsergebnisse erzeugen
    Ergebnis e1 = new Ergebnis(willi, 4.0f, 60);
    Ergebnis e2 = new Ergebnis(helga, 1.0f, 118);

    //eine Pruefung erzeugen
    Pruefung prog1 = new Pruefung("Programmierung1", "28.01.2025", 9);
    prog1.neuesErgebnis(e1);
    prog1.neuesErgebnis(e2);
    System.out.println(prog1);
}
```

Die Ausgabe dazu soll sein:

```
Pruefung Programmierung1 vom 28.01.2025 mit 9 Credits
Willi Wichtig (900) Note=4.0 Punktzahl=60
Helga Eifrig (901) Note=1.0 Punktzahl =118
```

## Aufgabe 2: Getränkekarte

### Achtung

Diese Aufgabe ist eine größere Aufgabe, bestehend aus mehreren Teilaufgaben mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad, die aufeinander aufbauen. Hinweise vorab:

- Nutzen Sie ausschließlich Java-Konstrukte, die in der Vorlesung bis jetzt vorkamen.
- Nutzen Sie keine Umlaute.
- Sie können zum Beispiel für spätere Teilaufgaben auch weitere Methoden in die geforderten Klasse aufnehmen.
- Alle Methoden (außer main) sind Instanzmethoden, also ohne static.
- Sie dürfen diese Aufgabenstellung nach eigenem Belieben erweitern.

- a) Geben Sie eine Java-Klasse `Person` an, die eine Person beschreibt. Eine Person hat einen Vornamen und ein Alter, beides muss man bei der Instanziierung angeben. Geben Sie eine Methode `public String toString()` an, die einen String mit Namen und Alter der Person liefert. Nutzen Sie folgendes Testprogramm in einem `main`, um ihre `Person`-Klasse zu testen:

```
public static void main(String[] args) {
    Person paul = new Person("Paul", 16);
    // Hier wird implizit die toString-Methode aufgerufen
    System.out.println(paul.toString());
}
```

Die Ausgabe dazu ist:

Paul (16)

- b) Geben Sie in Java eine Klasse `Getraenk` an, die eine Getränkeportion in einem Restaurant / Bar beschreibt. Zu einer solchen Beschreibung gehören der Name, die Abgabemenge pro Glas in ml (ganzzahlig), der Preis in Cent dafür (ebenfalls ganzzahlig) sowie ein Freigabealter (ganzzahlig), ab dem ein Gast dieses Getränk bestellen kann. Sehen Sie einen Konstruktor vor, der aus solchen Angaben ein entsprechendes Java-Objekt erzeugt. Die Klasse soll eine `toString`-Methode haben, die einen Text zu den gespeicherten Angaben zu diesem Getränk liefert. Nutzen Sie folgendes Testprogramm in einem `main`, um ihre `Getraenk`-Klasse zu testen:

```
public static void main(String[] args) {
    // Getraenke erzeugen
    Getraenk cola = new Getraenk("Cola", 200, 250, 0);
    Getraenk bier = new Getraenk("Bier", 200, 200, 16);
    Getraenk vodka = new Getraenk("Vodka", 20, 300, 18);

    // Getraenk auf Bildschirm ausgeben
    // Hier wird implizit die toString-Methode aufgerufen
    System.out.println(cola.toString());
}
```

Die Ausgabe hierzu ist:

Name: Cola, Menge: 200, Preis: 250, Altersfreigabe: 0

- c) Geben Sie eine Java-Klasse `Getraenkekarte` für Getränkekarten an. Auf einer Getränkekarte gibt es insgesamt  $n \in \mathbb{N}$  Getränke (in Java also Getränkeobjekte), jeweils wie oben beschrieben. Man kann eine leere Getränkekarte erzeugen und anschließend ein Getränk(-objekt) nach dem anderen hinzufügen. Hinweis: Feld, das jeweils neu und größer angelegt wird mit kopiertem Inhalt des alten Feldes. Mit einer Methode `toString` kann man sich die gesamte Getränkekarte als `String` (über mehrere Zeilen) geben lassen, pro Zeile ein Getränk. Weiterhin kann man in einer Getränkekarte über einen Getränkenamen eine Getränk suchen. Das Ergebnis einer erfolgreichen Suche ist das entsprechende Java-Objekt für das Getränk. Wenn man kein solches Getränk findet, soll diese Methode `null` liefern. Nutzen Sie folgendes Testprogramm in einem `main`, um die Getränkekarte zu testen:

```

public static void main(String[] args) {
    // leere Karte erzeugen
    GetraenkeKarte gk = new GetraenkeKarte();

    // Getränke erzeugen
    gk.neuesGetraenk(new Getraenk("Cola", 200, 250, 0));
    gk.neuesGetraenk(new Getraenk("Bier", 200, 200, 16));
    gk.neuesGetraenk(new Getraenk("Vodka", 20, 300, 18));

    // Karte auf dem Bildschirm anzeigen lassen
    System.out.println(gk.toString());

    // Getraenk suchen
    Getraenk g = gk.suchen("Cola");
    if (g != null) {
        System.out.println(g.toString());
    }
}

```

Die Ausgabe dazu ist:

```

Name : Cola, Menge: 200, Preis: 250, Altersfreigabe: 0
Name : Bier, Menge: 200, Preis: 200, Altersfreigabe: 16
Name : Vodka, Menge: 20, Preis: 300, Altersfreigabe: 18

Name : Cola, Menge: 200, Preis: 250, Altersfreigabe: 0

```

d) Geben Sie eine Java-Klasse Lounge an, die eine Lounge (Bar) beschreibt. In einer Lounge gibt es bei Instanziierung eine Getränkekarte (mit Inhalt). Siehe Beispiel oben. Weiterhin kann eine Person in einer Lounge über den Getränkenamen eine Bestellung aufgeben. In diesem Fall muss überprüft werden, ob das Getränk auf der Karte steht und ob die Person alt genug für dieses Getränk ist. Im Fehlerfall soll eine entsprechende Nachricht auf dem Bildschirm ausgegeben werden. Nutzen Sie folgendes Testprogramm in einem main, um die Lounge zu testen:

```
public static void main(String[] args) {
    // Erzeuge Lounge mit StandardgetraenkeKarte
    Lounge lounge = new Lounge();

    // Erzeuge eine Person
    Person paul = new Person("Paul", 16);

    // Paul laesst sich die Karte zeigen
    // Zum Verständnis: hier wird implizit die toString-Methode des GetraenkeKarte-
    // Objekts aufgerufen
    System.out.println("Unsere Karte: \n" + lounge.getKarte().toString());

    // Paul bestellt
    lounge.bestellen(paul, "Vodka");
    lounge.bestellen(paul, "Bier");
}
```

Die Ausgabe dazu ist:

Unsere Karte:

Name: Cola, Menge: 200, Preis: 250, Altersfreigabe: 0

Name: Bier, Menge: 200, Preis: 200, Altersfreigabe: 16

Name: Vodka, Menge: 20, Preis: 300, Altersfreigabe: 18

nicht alt genug fuer das Getraenk

bitte schoen, ihr Getraenk

### Aufgabe 3: Rationale Zahlen 🍷

Schreiben Sie eine Klasse Rational, die rationale Zahlen (also Brüche) darstellt. Ein Bruch besteht aus einem ganzzahligen Zähler und einem ganzzahligen Nenner, der nicht 0 ist. Beispiel:  $1/2$ . Damit diese Werte eindeutig bestimmt und nicht unnötig groß sind, werden Brüche immer intern in gekürzter Form dargestellt. Dazu werden Zähler und Nenner durch ihren größten gemeinsamen Teiler geteilt. Nutzen Sie dazu eine Methode ggT in ihrer Klasse (siehe frühere Vorlesung), die Sie selbst schreiben müssen. Bitte beachten Sie, dass Sie auf Absolutwerten den ggT bilden müssen (falls Zähler und/oder Nenner negativ sind). Ist weiterhin der Nenner negativ, so werden die Vorzeichen von Zählen und Nenner gewechselt, so dass der Nenner auf jeden Fall positiv ist. Beispiele:

- Ein Bruch  $2/4$  wird intern als  $1/2$  dargestellt (ggT ist 2)
- Ein Bruch  $-2/-1$  wird intern als  $2/1$  dargestellt
- Ein Bruch  $1/-2$  wird intern als  $-1/2$  dargestellt

Statten Sie die Klasse mit zwei Konstruktoren aus:

- Zu einer ganzen Zahl  $x$  wird der Bruch erzeugt, der zu dieser Zahl gehört.
- Zu zwei ganzen Zahlen  $x, y$  initialisieren Sie das Objekt so, dass sein Wert dem Quotienten  $\frac{x}{y}$  dieser Zahlen entspricht. Dabei sind Vorzeichen zu behandeln, zu kürzen und Fehler zu melden (falls der Nenner gleich 0 ist, so soll die Meldung ausgegeben werden: Fehler: Nenner ist 0).

Schreiben Sie eine Instanzmethode toString, die einen String zurückgibt, der den dargestellten Bruch als Zeichenkette <zähler>/<nenner> repräsentiert (z.B.  $\frac{3}{4}$  als 3/4). Schreiben Sie ferner vier Instanzmethoden add, sub, mul und div, die jeweils eine Referenz auf ein weiteres Objekt vom Typ Rational annehmen und ein

neues solches Objekt zurückgeben, wobei dieses neue Objekt entsprechend den arithmetischen Operationen gebildet werden soll. Z.B. soll `a.add(b)` den Wert von  $a + b$  (als neues Objekt!) ergeben. Schreiben Sie schließlich eine Klasse `RationalTest` mit einer `main`-Methode, die die Klasse `Rational` testet. In `main` soll über die Tastatur zur Laufzeit Brüche und Operationssymbole eingegeben werden. Die erlaubte Eingabesyntax wird durch die folgende EBNF-Beschreibung angegeben:

$$\begin{aligned} \langle \text{Eingabe} \rangle &::= \langle \text{Bruch} \rangle \{ \langle \text{Operator} \rangle \langle \text{Bruch} \rangle \} . \\ \langle \text{Bruch} \rangle &::= \langle \text{Zahl} \rangle \langle \text{Zahl} \rangle \\ \langle \text{Zahl} \rangle &::= \text{ganze Zahl in Dezimaldarstellung} \\ \langle \text{Operator} \rangle &::= + \mid - \mid * \mid / \end{aligned}$$

Die Operatoren  $+$ ,  $-$ ,  $*$ ,  $/$  sind selbsterklärend. Die Eingabe soll (entsprechend diesen Syntaxregeln) streng von links nach rechts ausgewertet werden, also ohne Punkt-vor-String Regeln etc.

### Beispiel

Beispiel 1 für eine Eingabe:

```
1 2
+
2 4
```

·  
erzeugt als Ausgabe

```
1/1
```

Beispiel 2 für eine Eingabe:

```
1 2
+
2 4
-
4 -3
```

·  
erzeugt als Ausgabe

```
7/3
```

### Info

Ihre Lösung wird aus 2 Dateien bestehen: `Rational.java` und `RationalTest.java`, also für jede (öffentliche) Klasse eine Datei. Diese müssen Sie als einzelne Dateien im Praktomat hochladen, nicht als Archiv (.zip, .tgz, .jar, ... )!

## Aufgabe 4: Wegpunkte

Schreiben Sie eine Klasse `Punkt` zu einem 2D-Punkt mit ganzzahligen  $x$ - und  $y$ -Koordinaten. Sehen Sie einen Konstruktor zum Erzeugen eines solchen Punktes vor, dem zwei ganzzahlige Werte übergeben werden. Die Klasse soll weiterhin eine Methode `public String toString()` enthalten, die zu einem Punkt einen String der Form  $(x,y)$  erzeugt, wobei  $x, y$  die entsprechenden Punktangaben zu diesem Punkt sind. Schreiben Sie weiterhin eine Klasse `Weg`, die Wege beschreiben kann. Ein Weg hat  $n > 0$  Wegpunkte  $p_1, \dots, p_n$ , die jeweils ein Punkt sind. Nutzen Sie dazu in der Klasse `Weg` sinnvoll die `Punkt`-Klasse im Zusammenhang mit einem Feld, das zu jedem Zeitpunkt die gleiche Länge hat wie die Länge des aktuellen Weges. Es gibt keine Längenbeschränkung für Wege! Hinweis: In einer Referenzvariablen lässt sich die Referenz auf ein Feld durch eine Referenz auf ein anderes (längeres) Feld ersetzen. Sehen Sie folgende Methoden in der Klasse `Weg` vor, die genau nach diesen Vorgaben existieren müssen:

- Es gibt genau einen Konstruktor, der zu zwei `int`-Werten  $x, y$  einen Weg mit genau einem Punkt erzeugt. Direkt über einen Konstruktor lassen sich also nur Wege der Länge 1 erzeugen.

- Es gibt eine Instanzmethode `public int getAnzahl()`, die die Anzahl der Wegpunkte des Weges liefert.
- Es gibt eine Instanzmethode `public void verlaengern(Weg w)`, die zu dem eigenen Weg (sprich das Bezugsobjekt) einen weiteren Weg anhängt, indem alle Punkte des zweiten Weges an den eigenen Weg angehängt werden. Dadurch wird also die eigene Instanz verändert. Beispiel: Zum Weg  $w_1 = (0, 0)$  wird der Weg  $w_2 = (1, 1)$  angehängt: `w1.verlaengern(w2)`. Danach gilt  $w_1 = (0, 0) - (1, 1)$ , er enthält also zwei Punkte. Hängt man an diesen Weg wiederum den Weg  $w_3 = (3, 4)$  an (`w1.verlaengern(w3)`), so gilt anschließend  $w_1 = (0, 0) - (1, 1) - (3, 4)$ .
- Es gibt eine Methode `public String toString()`, die einen Weg als String liefert in der Form  $(x_1, y_1) - (x_2, y_2) - \dots - (x_n, y_n)$ , wobei die  $x_i, y_i$  die ganzzahligen Koordinaten des entsprechenden Punktes sind. Nutzen Sie dabei sinnvoll die Methode `toString` der Punkt-Klasse.

Schreiben Sie in einer weiteren Testklasse `WegTest` ein `main`. Erzeugen Sie darin einen Weg  $w_1 = (1, 1)$  und einen Weg  $w_2 = (2, 2)$ . Lassen Sie beide Wege nacheinander auf dem Bildschirm ausgeben. Dann verlängern Sie  $w_1$  um  $w_2$  und lassen wieder den Weg  $w_1$  auf dem Bildschirm ausgeben. Die Gesamtausgabe muss dann exakt so sein:

```
(1,1)
(2,2)
(1,1)-(2,2)
```

### Info

Es gibt nicht eine Methode in irgendeiner dieser Klassen, die als Argument ein Feld übergeben bekommt. Denken Sie in Wegen und Punkten (und Instanzen)!

## Aufgabe 5: Polynom

Ein Polynom ist eine Funktion  $P(x) : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  mit  $P(x) = \sum_{i=0}^n a_i x^i, n \geq 0, a_0, \dots, a_n \in \mathbb{R}$ . Die Werte  $a_0, \dots, a_n$  heißen Koeffizienten. Oder anders ausgedrückt: durch Angabe von Koeffizientenwerten  $a_0, \dots, a_n \in \mathbb{R}$  ist ein Polynom im obigen Sinne definiert. Für ein Argument  $x$  lässt sich dieses Polynom dann auswerten mit  $P(x) = \sum_{i=0}^n a_i x^i$ . Beispiel: Die Koeffizienten  $a_2 = 1, a_1 = 2, a_0 = 3$  definieren das Polynom  $P(x) = 1 \cdot x^2 + 2 \cdot x^1 + 3 \cdot x^0 = x^2 + 2x + 3$ . Der Wert dieses Polynoms an der Stelle 2 wäre dann  $P(2) = 4 + 4 + 3 = 11$ . Entwickeln Sie eine Klasse `Polynom` in Java zur Repräsentation von Polynomen.

1. Über einen Konstruktor soll sich durch alleinige Angabe von Koeffizienten in Form eines Feldes von Fließkommawerten (`double[]`) ein neues Polynom anlegen lassen. Durch die Länge des übergebenen Feldes ist implizit auch der Grad des Polynoms bestimmt. Der Koeffizient mit der niedrigsten Wertigkeit steht im Feld an der Position 0. Beispiel: Durch die Übergabe des Feldes `[3, 2, 1]` würde obiges Beispielpolynom definiert. Sorgen Sie außerdem dafür, dass nur normalisierte Polynome entstehen, in denen der höchstwertige Koeffizient ungleich 0 ist (sofern es sich nicht um das konstante Nullpolynom handelt). Beispiel: Werden bei der Erzeugung eines Polynoms die Koeffizienten 2, 1, 0 (für  $0 \cdot x^2 + 1 \cdot x + 2$ ) angegeben, so soll daraus implizit das Polynom 2, 1 (für  $1 \cdot x + 2$ ) entstehen. Hinweis: `public Polynom(double[] koeffizienten)`
2. Entwickeln Sie weiterhin eine Instanzmethode `toString()`, die das Polynom als lesbaren String zurück gibt. Beachten Sie, dass Polynome üblicherweise absteigend von der höchsten zur niedrigsten Potenz notiert werden. Hinweis: `public String toString()` Beispiel: `1*x^2 + 2*x^1 + 3*x^0`
3. Geben Sie schließlich eine Instanzmethode `public double auswerten(double x)` an, die für ein Argument  $x$  den Wert des Polynoms an der Stelle  $x$  zurückgibt (Beispiel siehe oben).
4. Geben Sie eine Klassenmethode `public static int getAnzahl()` an, die die Anzahl der bis dahin erzeugten Polynome zum Zeitpunkt des Methodenaufrufs liefert.

Schreiben Sie eine zweite Klasse `PolynomTest`. Diese Klasse soll eine `main`-Methode besitzen, in der Sie das Polynom  $P(x) = 1 \cdot x^2 + 2 \cdot x + 3$  (als Objekt) erzeugen, dieses Polynomobjekt auf dem Bildschirm in lesbarer Form ausgeben und das Polynom auswerten an der Stelle 2 und diesen Wert auf dem Bildschirm

ausgeben. Geben Sie anschließend auch noch die Anzahl der erzeugten Polynome auf dem Bildschirm aus. Diese drei Ausgaben sollen jeweils in einer eigenen Zeile stehen. Die Ausgabe zu obigem Beispiel wäre dann:

```
1.0*x^2 + 2.0*x^1 + 3.0*x^0
11.0
1
```

Überlegen Sie sich, wo mögliche Fehler in ihrer Polynomklasse auftreten können. Geben Sie an den Stellen in ihrem Programm eine Meldung auf dem Bildschirm aus, die jeweils beginnt mit Fehler:

Freiwillige Erweiterung: Recherchieren Sie, was das Horner-Schema im Zusammenhang mit der Polynomauswertung bedeutet. Implementieren Sie dieses Verfahren zur Auswertung des Polynoms.

## Aufgabe 6: Rückgabeautomat

Programmieren Sie eine Klasse `Rueckgabeautomat`, die die minimale Anzahl an vorhandenen Geldstücken zurückgibt, die auf einen Einzahlungsbetrag einzahlung (Beispiel 10 Euro) und einen zu zahlenden Betrag zahlbetrag (Beispiel 8,57 Euro) sich aufgrund des aktuellen Münzbestands im Automaten ergeben. Ein Automat kann nur Geldstücke der Wertigkeit 1,2,5,10,20,50,100 und 200 Cent enthalten. Beim Erzeugen eines Geldautomaten gibt man als Argument an, wieviele Geldstücke davon zu Beginn im Automaten enthalten sein sollen (ein Feld mit 8 Zahlen). Geben Sie eine Instanzmethode an, die den aktuellen Münzbestand ermittelt. Das Ergebnis ist die Anzahl der Münzen in den entsprechenden Wertigkeiten (also wieder ein `int`-Feld der Größe 8). Sehen Sie weiterhin eine Instanzmethode vor, die für einen Einzahlungsbetrag und den tatsächlich zu zahlenden Betrag die Anzahl an Münzen mit der entsprechenden Wertigkeit des Rückgelds berechnet und als Ergebnis der Methode liefert. Falls der aktuelle Bestand kein korrektes Rückgeld erlaubt, geben Sie eine Fehlermeldung auf dem Bildschirm aus. Das Ergebnis der Methode ist wiederum ein Feld der Länge 8 mit der Anzahl zu der entsprechenden Wertigkeit.

### Beispiel

Ein Rückgabeautomat enthält die folgende Anzahl an Geldstücken für die vorgegebenen Wertigkeiten [200,100,50,20,10,5,2,1]: [2,2,2,2,2,2,2,2] also jeweils zwei Geldmünzen der entsprechenden Wertigkeit. Auf den Einzahlungsbetrag 1 Euro und den tatsächlich zu zahlenden Betrag von 57 Cent gibt der Automat als Ergebnis [0,0,0,2,0,0,1,1] (43 Cent als 2 Zwanziger, 1 Zweier und 1 Einer) und hat als Bestand danach noch [2,2,2,0,2,2,1,1]. Instanzieren Sie zwei Rückgabeautomaten mit unterschiedlichem Bestand und lassen sich für den zu zahlenden Betrag von 57 Cent auf den Betrag von 100 Cent Rückgeld geben.

## Aufgabe 7: Abbildung

Eine mathematische Funktion  $f$  bildet eine Zahl  $x$  (Parameter) auf eine neue Zahl  $f(x)$  (Funktionswert) ab. Aus der Sicht von Java kann das durch eine Methode mit dem Kopf `double map(double x)` ausgedrückt werden, die den entsprechenden Funktionswert berechnet.

1. Entwickeln Sie eine Basisklasse `Function` mit dieser Methode. Diese realisierte Methode soll in der Basis-klasse die Identitätsfunktion sein mit  $\text{map}(x) = x$ .
2. Eine Parabel ist eine Funktion der Form  $f(x) = ax^2 + bx + c$ . Definieren Sie eine Klasse `Parabel`, die von `Function` abgeleitet ist und deren Konstruktor Werte für  $a, b, c$  akzeptiert.
3. Definieren Sie ebenso eine Klasse `Hyperbel` für Funktionen der Form  $f(x) = a_x$ . Wie muss hier der Konstruktor aussehen?
4. Ein Funktionsverlauf kann in einer Wertetabelle grob dargestellt werden, die für eine Reihe von  $x$ -Werten in regelmäßigen Abständen jeweils den Funktionswert  $f(x)$  auflistet. Definieren Sie in der passenden Klasse eine Methode `print`, die drei Parameter akzeptiert (kleinster  $x$ -Wert, größter  $x$ -Wert, Abstand zwischen zwei  $x$ -Werten), und die eine derartige Wertetabelle auf dem Bildschirm ausgibt.



5. Schreiben Sie ein Java-Programm, das die Funktion  $f(x) = x^2 - 2x + 2$  erzeugt und deren Wertetabelle im Bereich  $-5 \leq x \leq 5$  in Schritten von 0,1 ausgibt.
6. (\*) Zwei Funktionen  $f$  und  $g$  können verkettet werden. Die Verkettung ist eine neue Funktion  $h(x) = g(f(x))$ . Definieren Sie eine Klasse `Composed`, die von `Function` abgeleitet ist und im Konstruktor zwei andere Funktionen akzeptiert, deren Verkettung Sie repräsentiert.
7. (\*) Schreiben Sie ein Java-Programm, das die Funktion  $f(x) = x^2 - 2x + 2$  erzeugt und deren Wertetabelle im Bereich  $-5 \leq x \leq 5$  in Schritten von 0,1 ausgibt.