Programmieren II: Java

4. Praktikum (Abgabe 21. Juni, 24 Uhr)

Auer, Hanel, Jürgensen, Lehner, Riemenschneider

Lernziele

Reelle Funktionen

Inhalt

Hinweise zum Praktikum

Hinweise zum Praktikum

- Abgabetermin dieses Praktikums: **Abgabe 21. Juni, 24 Uhr**
- Sie dürfen die Aufgaben alleine oder zu zweit abgeben
- Kennzeichnen Sie Ihre Abgabe entsprechend mit Ihren Namen
- Sie müssen 4 der 5 Praktika bestehen
- Kommentieren Sie Ihren Code
  - Jede Methode (wenn nicht vorgegeben)
  - Wichtige Anweisungen/Code-Blöcke
  - Nicht kommentierter Code führt zu Nichtbestehen
- Bestehen Sie eine Abgabe nicht haben Sie einen zweiten Versuch, in dem Sie Ihre Abgabe verbessern müssen
- Wichtig
  - Sie sind einer Praktikumsgruppe zugewiesen, nur in dieser werden Ihre Abgaben akzeptiert
  - Beachten Sie dazu die Hinweise auf der Moodle-Kursseite

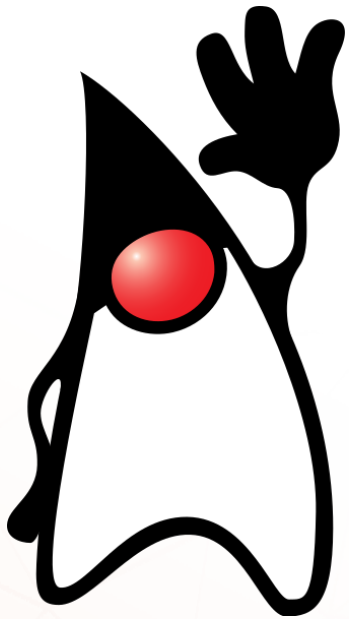
Inhalt

Lernziele

Willkommen zum 4. Praktikum!

Lernziele

- Abstrakte Klassen: definieren, ableiten
- Vererbung: Methoden überschreiben, dynamische Bindung
- Interfaces: erstellen, implementieren
- Methoden von `Object` überschreiben: `toString`
- Ausnahmen: erzeugen, eigene Ausnahmetypen



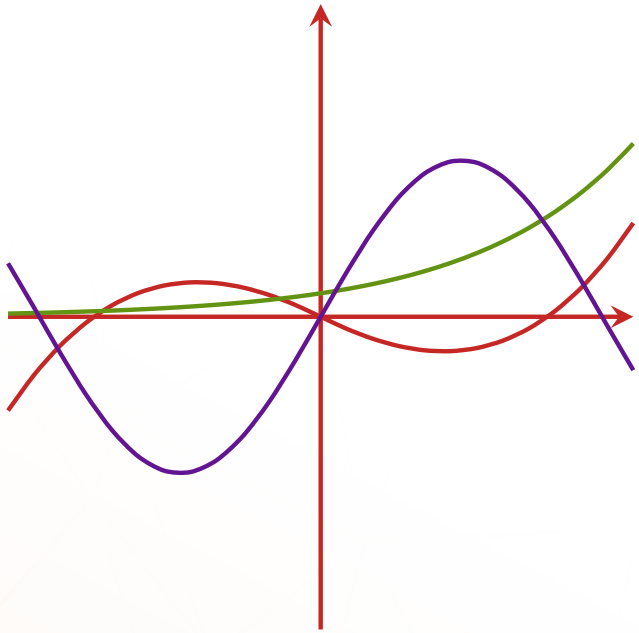
Inhalt

Reelle Funktionen

Inhalt

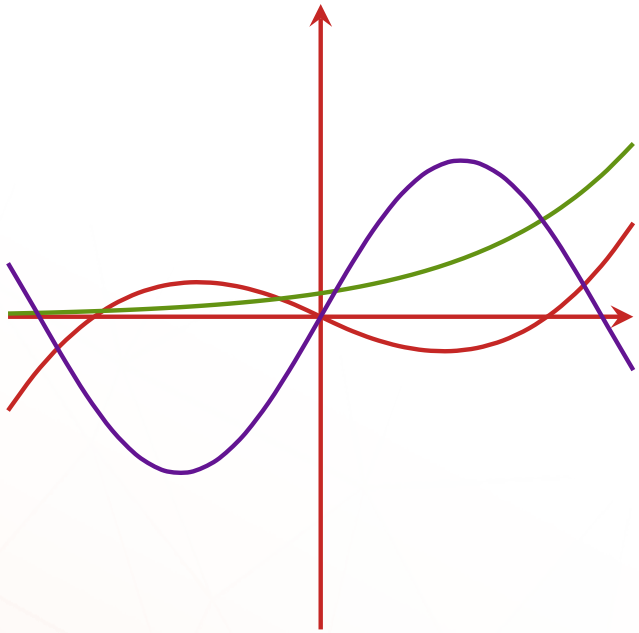
Ein einfaches Analysis-Paket

- Diese Übung lehnt sich an die Vorlesung „Mathematik II (Analysis)“ an
- Wir modellieren in einer Klassenbibliothek
  - Reelle Funktionen (abstrakte Klasse)
  - Komposition von Funktionen (Assoziationen)
  - Differenzierbare Funktionen (Interface)



Hinweise vorab

- Hinweise vorab
  - Keine Panik: Die mathematischen Konzepte, die Sie für diese Übung brauchen, bleiben auf Schul-Niveau
  - Platzieren Sie alle Klassen/Typen im Paket `de.hawlandshut.calculus`
    - Erstellen Sie dazu die entsprechende Verzeichnisstruktur
    - Versehen Sie alle Typen mit der **package**-Deklaration
  - Für die einzelnen Klassen sind jeweils JUnit-Tests gegeben
  - Implementieren sich nach eigenem Ermessen Programme um ihre Implementierung zu testen (sehr empfohlen)
  - Sie können auch die Plotter-Klasse zum Plotten Ihrer Funktionen verwenden (s. unten)

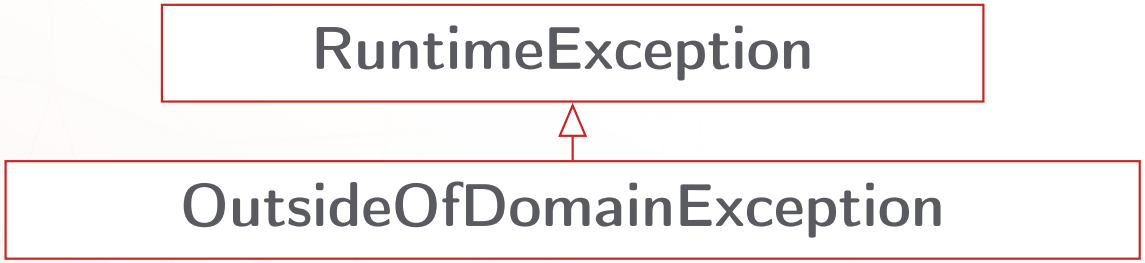


Inhalt

Reelle Funktionen

Ausnahmen

- Wir benötigen für unsere Implementierung eigene Ausnahmen

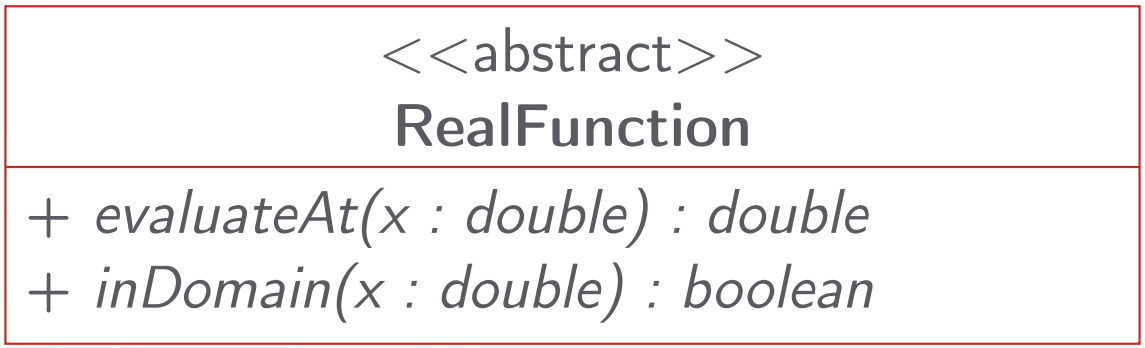


- ☑ Implementieren Sie `OutsideOfDomainException`
- ☑ Definieren Sie für die Klasse die drei Konstruktoren, wie in den Vorlesungsfolien definiert
- Die genaue Bedeutung der Ausnahme wird im Verlauf der Übung klar

Inhalt

Reelle Funktionen

Klasse `RealFunction`

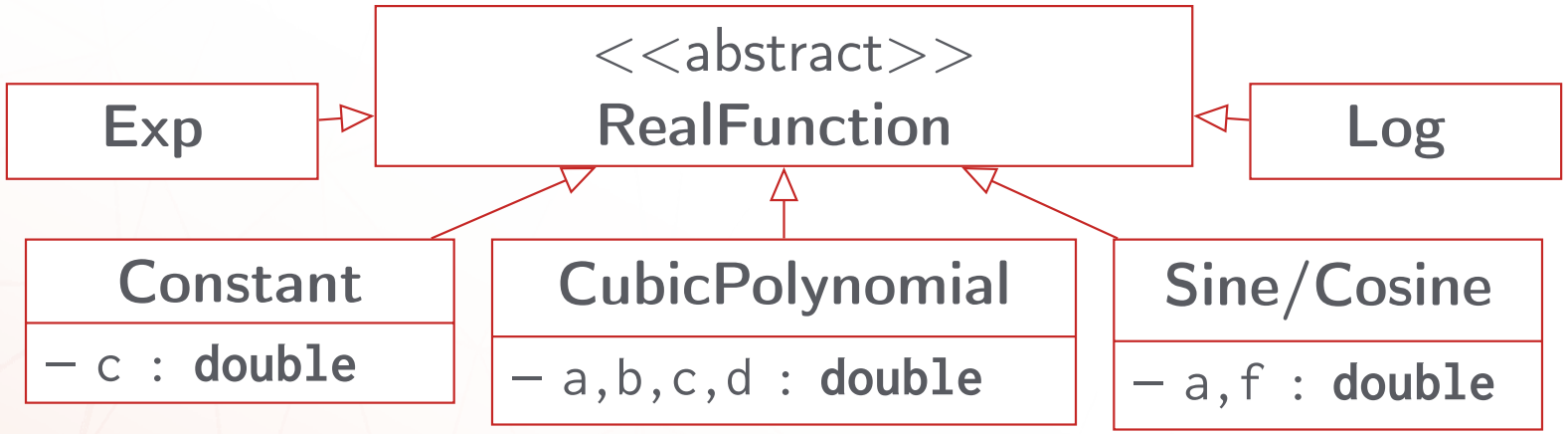


- Die abstrakte Klasse modelliert reelle Funktionen $f : \mathbb{R} \to \mathbb{R}$
- `evaluateAt`
  - **`abstract`**
  - Funktionswert an der Stelle x
  - Erzeugt `OutsideOfDomainException` wenn x außerhalb des Definitionsbereichs ist (engl. „domain“)
- `inDomain`
  - **`abstract`**
  - **`true`** wenn x im Definitionsbereich liegt, sonst **`false`**

☑ Implementieren Sie `RealFunction`!

Konkrete Funktionen

Folgende (konkrete) Klassen leiten von `RealFunction` ab



Klasse	Definition	Java-Fkt.	Def.b.
`Constant`	c	—	$\mathbb{R}$
`CubicPolynomial`	$ax^3 + bx^2 + cx + d$	—	$\mathbb{R}$
`Sine/Cosine`	$a \cdot \sin / \cos(f \cdot x)$	`Math.sin/cos`	$\mathbb{R}$
`Exp`	e^x	`Math.exp`	$\mathbb{R}$
`Log`	$\ln(x)$	`Math.log`	$x > 0$

Hinweis: Mit `Sine/Cosine` sind zwei Klassen gemeint

Konkrete Funktionen

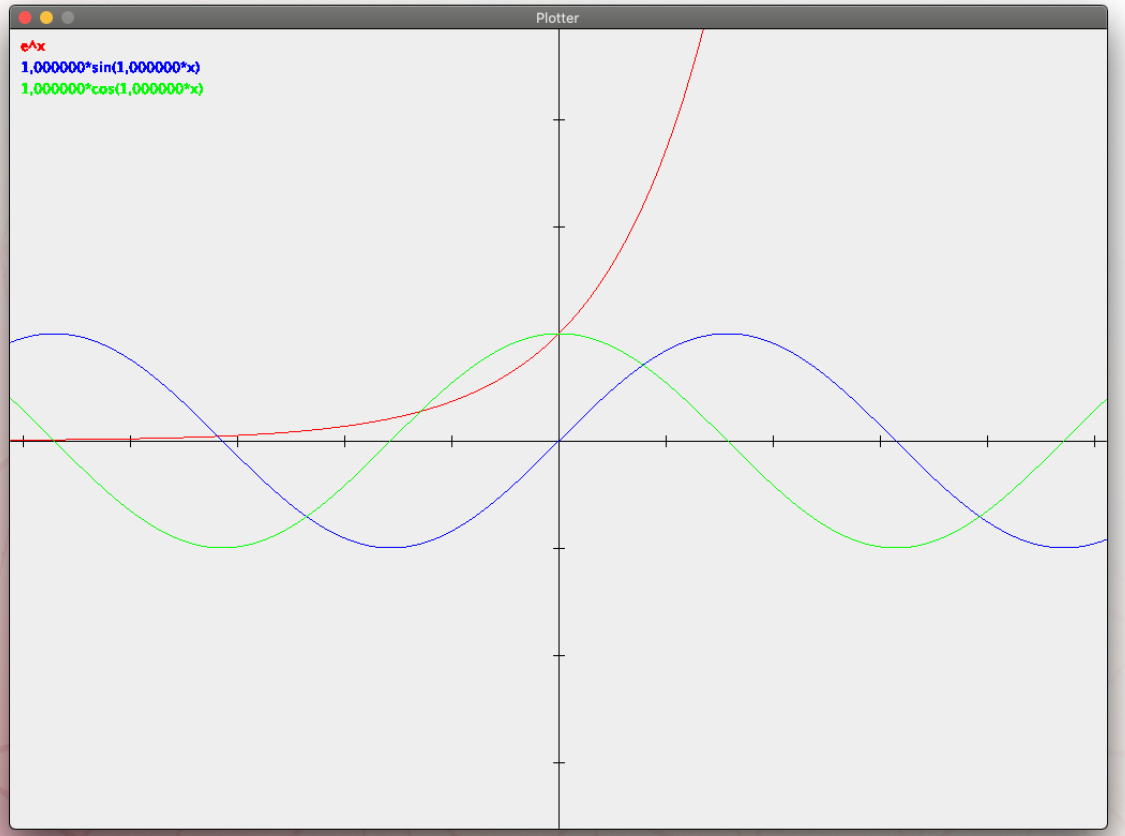
- ☑ Implementieren Sie die vorher definierten Klassen
  - Deklarieren Sie die Attribute (wenn vorhanden) **`final`**
  - Implementieren Sie jeweils einen Konstruktur, der die Attribute (wenn vorhanden) initialisert
  - Generieren Sie eine `OutsideOfDomainException` falls nötig
  - Überschreiben Sie die Methode `toString` wie folgt

Klasse	Rückgabe `toString()`
`Constant`	`c`
`CubicPolynomial`	`a*x^3+b*x^2+c*x+d`
`Sine`	`a*sin(f*x)`
`Exp`	`exp(x)`
`Log`	`ln(x)`

    - Für die Parameter `a,b,c,d,f` setzen Sie die konkreten Werte über die Formatanweisung `%f` ein
    - Beispiel: `sin.toString()` liefert `1.0*sin(2.0*x)`
  - Verwenden Sie zum Testen 🗋 calculus/RealFunctionTest.java

Testen mit Plotter

- In calculus/Plotter.java ist ein sehr einfacher Plotter mit dem Sie Ihre Implementierungen testen können
  - `static void Plotter.plot(RealFunction... functions)` plottet die übergebenen Funktionen
  - Beispiel: `Plotter.plot(new Exp(), new Sine(1,1), ↩ new Cosine(1,1))`



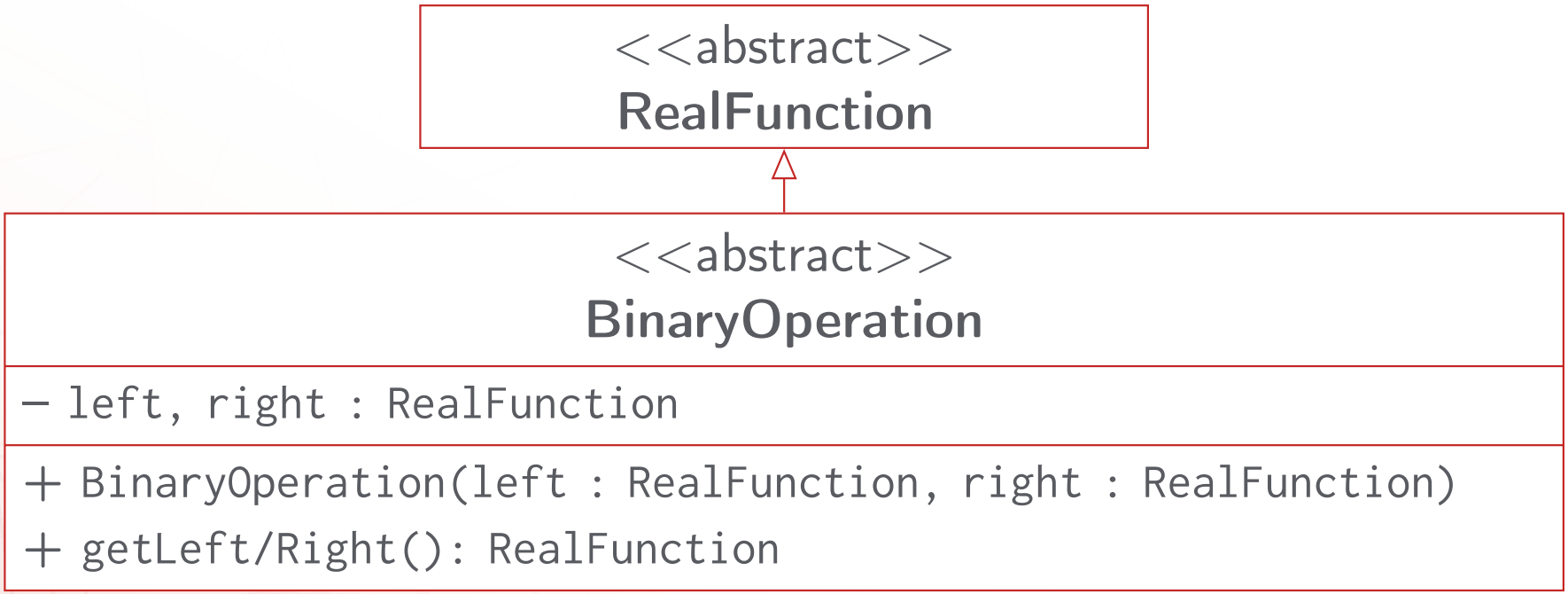
Inhalt

Reelle Funktionen

Kombination von Funktionen

- Man kann komplexere Funktionen aus anderen Funktionen mit Hilfe binärer Operationen zusammenbauen
- Beispiele
  - Addition zweier Funktionen $f + g$
    - Linker Operand: $\sin(x)$
    - Rechter Operand: $x^2 + 2x + 1$
    - Addition: $(\sin(x)) + (x^2 + 2x + 1)$
  - Multiplikation zweier Funktionen $f \cdot g$
    - Linker Operand: e^x
    - Rechter Operand: x^3
    - Multiplikation: $e^x \cdot x^3$
  - Komposition zweier Funktionen $f \circ g$
    - Linker Operand: $x^2 - 2x$
    - Rechter Operand: $\ln(x)$
    - Komposition setzt die rechte Funktion in die linke Funktion ein
    - Komposition: $(\ln(x))^2 - 2(\ln(x))$

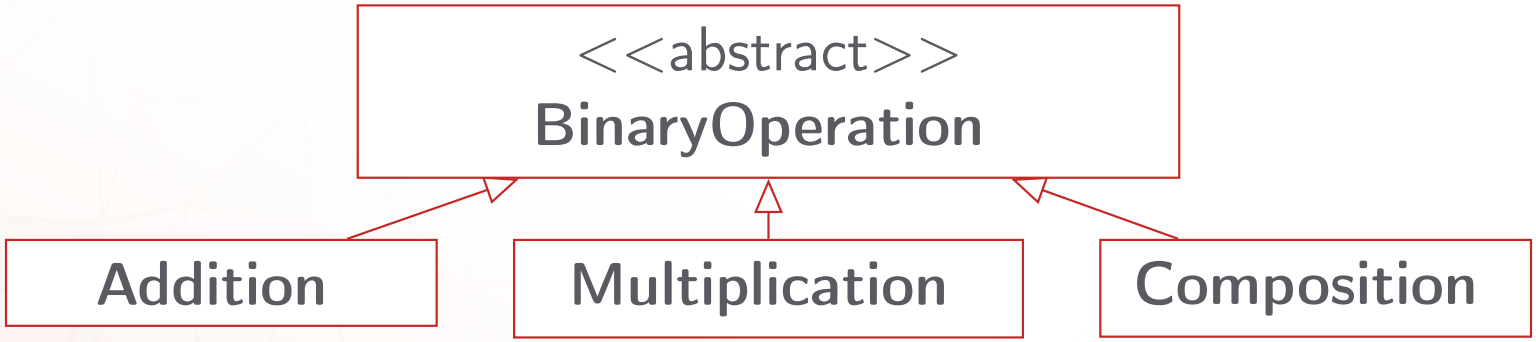
Klasse `BinaryOperation`



- `BinaryOperation` ist die abstrakte Basisklasse für die binären Operationen der vorherigen Folie
  - `left, right` sind die Operanden (**`final`**) mit Gettern
  - `BinaryOperation` definiert einen Konstruktor, der `left` und `right` initialisiert (jeweils `!=` **`null`**)

☑ Implementieren Sie `BinaryOperation`!

Konkrete binäre Operationen



Klasse	Operation	`toString()`
Addition	$f(x) + g(x)$	`(left)+(right)`
Multiplication	$f(x) * g(x)$	`(left)*(right)`
Composition	$(f \circ g)(x) = f(g(x))$	`(left)o(right)`

Konkrete binäre Operationen

Implementieren Sie die angegebenen Operationen

- Rufen Sie in den Konstruktoren den Konstruktor von `BinaryOperation` auf
- Überschreiben Sie `inDomain(x)` mit
  - `Addition`/`Multiplication`: `x` muss im Definitionsbereich von `left` und `right` liegen
  - `Composition`: `x` muss im Definitionsbereich von `right` liegen und `right.evaluateAt(x)` im Definitionsbereich von `left`
- Überschreiben Sie `evaluateAt` wie oben definiert
- Überschreiben Sie `toString` wie oben definiert. `left` und `right` sollen dabei durch `getLeft().toString()` und `getRight().toString()` ersetzt werden. Beispielausgabe:

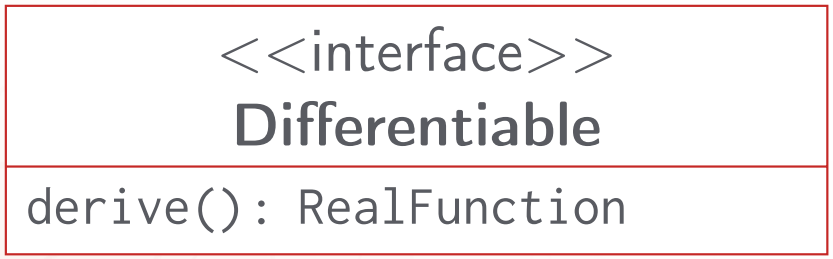
```
var left = new Sine(1,1); // toString: "1.0*sin(1.0*x)"
var right = new Exp(); // toString: "exp(x)"
var add = new Addition(left, right);
add.toString(); // "(1.0*sin(1.0*x))+(exp(x))"
```

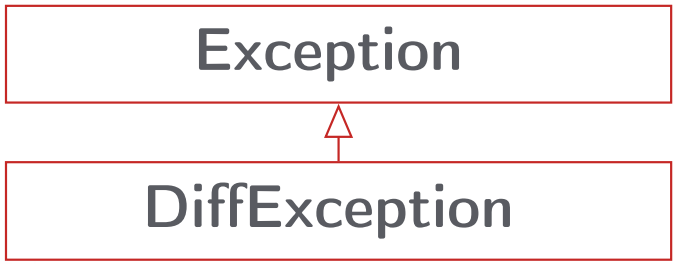
- Verwenden Sie zum Testen calculus/BinaryOperationTest.java

Inhalt

Differenzierbare Funktionen

Wir wollen noch das Ableiten (Differenzieren) von Funktionen modellieren





- ☑ Implementieren Sie die geprüfte Ausnahme `DiffException`
  - Implementieren Sie die drei Konstruktoren wie in den Folien
  - Fügen Sie im Folgenden die Ausnahmen zu den Methodensignaturen hinzu wenn gefordert
- ☑ Implementieren Sie das **`interface`** `Differentiable`
  - `Differentiable` kann von Funktionen mit einer Ableitung implementiert werden
  - `derive` liefert die Ableitung als `RealFunction` und generiert eine `DiffException` im Fehlerfall

Konkrete Differenzierbare Funktionen

- ☑ Implementieren Sie das Interface Differentiable für folgende Klassen
  - `Constant` → `Constant` mit $c = 0$
  - `Sine`: `a*sin(f*x)` → `Cosine` mit `a*f*cos(f*x)`
  - `Cosine`: `a*cos(f*x)` → `Sine` mit `-a*f*sin(f*x)`
  - `CubicPolynomial`: `a*x^3+b*x^2+c*x+d` → `CubicPolynomial` mit `0*x^3+3*a*x^2+2*b*x+c`
  - `Exp`: → `Exp`
  - `Log` siehe unten
- Verwenden Sie einen kovarianten Rückgabetypen für `derive`, z.B. kann `Sine.derive` den Rückgabetyp `Cosine` verwenden
- ☑ Für `derive` von `Log` gehen Sie wie folgt vor
  - Definieren Sie eine private statische geschachtelte Klasse in `Log` mit dem Namen `LogDerivative`
  - `inDomain(x)` liefert **`true`** wenn `x > 0`
  - `evaluateAt(x)== 1/x`
  - Geben Sie in `Log.derive()` eine Instanz von `LogDerivative` zurück
- Verwenden Sie zum Testen `calculus/DifferentiableFunctionTest.java`

Differenzieren der Operationen

- Sie haben es bald geschafft: Das ist die letzte Aufgabe!
- Implementieren Sie das Interface `Differentiable` für die binären Operationen
  - Hinweis: Es handelt sich jeweils um die Ableitungsregeln bekannt aus „Mathematik II“
  - Wenn einer der beiden Operanden `Differentiable` nicht implementiert, generieren Sie eine `DiffException`
  - Im folgenden bezeichnet `l` den linken und `r` den rechten Operanden und `l'` und `r'` deren Ableitungen
  - `Addition` $\rightarrow$ `new Addition(l', r')`
  - `Multiplication` $\rightarrow$ `new Addition( new` $\hookleftarrow$ `Multiplication(l,r'), new Multiplication(l',r))`
  - `Composition` $\rightarrow$ `new Multiplication(new Composition(l',r), r')`
- Verwenden Sie zum Testen

  calculus/DifferentiableBinaryOperationTest.java und/oder

  calculus/Plotter.java

Bonusaufgabe: Newton-Verfahren

- Sie haben also noch nicht genug?
- Bonusaufgabe (optional): Implementieren Sie in der Klasse `RealFunction` das Newton-Verfahren
  - https://de.wikipedia.org/wiki/Newtonverfahren
  - Das Newton-Verfahren nähert eine Nullstelle einer Funktion mithilfe der Ableitung an
  - Deklaration in `RealFunction`:
    `public double newton(double start, double error)`
  - Verfahren
    - Starte mit `x = start`
    - Solange `Math.abs(f(x))> error` ist...
    - Berechne `x = x - f(x)/f'(x)` wobei `f'(x)` die Ableitung von `f` ist
    - Gib `x` zurück wenn `Math.abs(f(x))<=error`
  - `(new Sine(1,1)).newton(3,1e-5)` sollte ungefähr π liefern