

**8. Übung zur Vorlesung „Fortgeschrittene Programmierung“**

Sommersemester 2020

zu lösen bis 10. Juni 2020

**Aufgabe 8.1 (Funktionen höherer Ordnung)**

```
twice :: (a -> a) -> a -> a
twice = \ f x -> f ( f x )
```

Leiten Sie daraus den allgemeinsten Typ folgender Funktionen ab:

- a. `twice twice`
- b. `twice twice twice`

**Aufgabe 8.2 (Funktionen höherer Ordnung)**

Bestimmen Sie durch schrittweise Ableitung (ohne Computer) mit `twice` aus der vorigen Aufgabe und

```
succ, double :: Int -> Int
succ = \ x -> x + 1
double = \ x -> 2 * x
```

die folgenden Werte:

- a. `twice twice succ 0` (Autotool)
- b. `twice twice twice (+1) 0`
- c. `twice twice twice twice (+1) 0`
- d. `( double . (twice ( \ x -> 3 * x ) ) ) 2`

Überlegen Sie sich zunächst für jeden Teilausdruck den Baum des entsprechenden  $\lambda$ -Terms und den Typ.

Geben Sie (außer zu a) jeweils die ersten fünf Schritte der Ableitung an.

**Aufgabe 8.3 (fold über Himmelsrichtungen)**

- a. Definieren Sie eine geeignete Version von `fold` für den früher definierten Datentyp `HR` für Himmelsrichtungen.
- b. Definieren Sie damit die für `HR` definierten Funktionen `rechts`, `links`, `um`.
- c. Definieren Sie mit diesem `fold` eine Funktion, die jeder Himmelsrichtung ihren Drehwinkel in Grad im mathematischen Drehsinn zuordnet ( $O \mapsto 0, N \mapsto 90, \dots$ ).

### Aufgabe 8.4 (Aussagenlogische Formeln)

- a. Definieren Sie einen rekursiven Datentyp `Formel` zur Repräsentation aussagenlogischer Formeln ohne Variablen, also Bäumen, deren innere Knoten ein- oder zweistellige logische Junktoren ( $\neg, \vee, \wedge, \rightarrow$  genügen) und deren Blätter Wahrheitswertkonstanten enthalten.

Dieser Datentyp soll genau zu jedem (zwei-, ein- und nullstelligen) Junktor einen Konstruktor enthalten (also 6 Konstruktoren geeigneter Stelligkeit).

- b. Definieren Sie für diesen Datentyp die Funktionen

(a) `size :: Formel -> Nat` zur Berechnung des Größe der Formel

(b) `eval :: Formel -> Bool` zur Berechnung des Formelwertes

direkt (ohne Funktionen höherer Ordnung).

- c. Definieren Sie eine geeignete Version von `fold` für diesen Datentyp und mit diesem `fold` die Funktionen `size` und `eval` .