Ausgabe: 14.11.2022
 Ali Kurt 528961

 Abgabe: 21.11.1022
 Thomas Kujawa 463620

Tutor: Tim Völker Felix Hoff 366927

#### Aufgabe T6.1: Rekursion (3 Punkte)

Gegeben sei eine Funktion f, definiert durch:

$$f(n) = \begin{cases} 2 \cdot f(n-1) + 1 & \text{für } n \ge 1\\ 1 & \text{sonst} \end{cases}$$

- (a) Geben Sie eine Wertetabelle an, die für n=0,1,2,3,4,5,6 das Ergebnis f(n) angibt.
- (b) Geben Sie den schrittweisen Ablauf der rekursiven Funktion als Expansion und Kontraktion für den Wert n=4 an.
- (c) In welchem Verhältnis oder mathematischen Zusammenhang stehen  $n \ge 0$  und der Funktionswert f(n)? Geben Sie die Funktion f(n) in einer nicht-rekursiven Form an.

 Ausgabe: 14.11.2022
 Ali Kurt 528961

 Abgabe: 21.11.1022
 Thomas Kujawa 463620

Tutor: Tim Völker Felix Hoff 366927

#### Aufgabe T6.2: ADT Spezifikation (4 Punkte)

In der Vorlesung haben Sie abstrakte Datentypen (ADT) kennengelernt. Dabei wurde in der Vorlesung die Spezifikation eines Datentyps A vorgestellt (Folie 291). Sie sollen nun 2 Realisierungen des Datentyps A angeben, die nicht bereits in der Vorlesung vorgestellt wurden (Bool, Nat0 und anderen Datentypen aus Num) und welche die Signatur des Datentyps A realisieren. Überprüfen Sie für beide Realisierungen, ob diese die Spezifikation erfüllen.

 Ausgabe: 14.11.2022
 Ali Kurt 528961

 Abgabe: 21.11.1022
 Thomas Kujawa 463620

 Tutor: Tim Völker
 Felix Hoff 366927

#### Aufgabe P6.3: Binomialkoeffizienten / Pascalsches Dreieck (2 Punkte)

Zur Ermittlung der Binomialkoeffizienten  $\binom{n}{k}$  kann das Pascalsche Dreieck zu Hilfe gezogen werden. Den passenden Koeffizienten findet man in der n-ten Zeile an der k-ten Stelle:

Dabei kann dies mathematisch durch folgende Funktion f definiert werden:

$$f(n,0) = 1$$

$$f(n,n) = 1$$

$$f(n,k) = \begin{cases} 0 & \text{für } k > n \\ f(n-1,k-1) + f(n-1,k) & \text{sonst} \end{cases}$$

Implementieren Sie die Funktion pascal::Int  $\rightarrow$  Int, die die Parameter n und k entgegennimmt und den Binomialkoeffizienten zurückliefert. Implementieren Sie dies als rekursive Funktion. Geben Sie die Berechnung für pascal (3,1) als Kommentar an. Geben Sie außerdem an, ob es sich um eine direkte oder indirekte Rekursion handelt.

```
pascal :: Int -> Int
pascal :: Int -> Int

pascal n k

| k == 0 = 1
| n == k = 1
| otherwise = if k>n
| then 0
| else
| pascal (n-1) (k-1) + pascal (n-1) k
```

 Ausgabe: 14.11.2022
 Ali Kurt 528961

 Abgabe: 21.11.1022
 Thomas Kujawa 463620

 Tutor: Tim Völker
 Felix Hoff 366927

#### **Aufgabe P6.4:** Rationale Zahlen (3 + 3 = 6 Punkte)

In der Vorlesung haben Sie eine Haskell-Implementierung der rationalen Zahlen kennengelernt. In dieser Aufgaben soll die Implementierung des Datentyps Ratio erweitert werden. Folgen Sie dabei dem Programmentwurf der Vorlesung und erstellen Sie (1) Funktionsköpfe, (2) Beispiele und (3) Funktionsrümpfe sowie (4) eine Überprüfung anhand der generierten Beispiele.

- (a) Entwickeln Sie eine Funktion reduce Fraction, die eine rationale Zahle entgegen nimmt und die vollständig gekürzte rationale Zahl zurück gibt. Implementieren Sie dazu die Hilfsfunktion ggT, die den größten gemeinsamen Teiler zweier Zahlen a und b bestimmt, indem sie a zurück gibt, falls b=0. Ansonsten soll der größte gemeinsame Teiler von b und a%b bestimmt werden.
- (b) Entwickeln Sie Funktionen from Ratio und to Ratio, die eine Konvertierung zwischen dem Datentyp Float und den rationalen Zahlen vornehmen. Die rationale Zahl soll dazu in ihrer vollständig gekürzten Form zurück gegeben werden. Nicht jede rationale Zahl kann als Gleitkommazahl exakt dargestellt werden. Runden Sie die Gleitkommazahlen dazu im Kontext dieser Aufgabe auf 5 Nachkommastellen.

Hinweis: Sie können die Haskell-Datei aus dem Learnweb als Startpunkt nutzen.

```
import Distribution.Simple.Flag (Flag)
   -- Datentyp für rationale Zahlen repräsentiert durch zwei Ganzzahlen für Zähler und Nenner
   data Ratio = MkRatio Integer Integer
5
   -- Gleichheit für rationale Zahlen
   instance Eq Ratio where
     (MkRatio nom1 den1) == (MkRatio nom2 den2) = (nom1 * den2 == nom2 * den1)
   -- Ordnung für rationale Zahlen
   instance Ord Ratio where
     (MkRatio nom1 den1) <= (MkRatio nom2 den2) =
12
       if ((signum den1) * (signum den2) == 1)
13
         then (nom1 * den2 \le nom2 * den1)
14
         else (nom2 * den1 \le nom1 * den2)
15
16
   -- Rechenoperationen für rationale Zahlen inklusive Addition, Multiplikation, Negierung,
   \hookrightarrow Betragsfunktion, Vorzeichenfunktion und Konvertierung von Integer
   instance Num Ratio where
     (+) (MkRatio nom1 den1) (MkRatio nom2 den2) = (MkRatio (nom1 * den2 + nom2 * den1) (den1 *

    den2))
     (*) (MkRatio nom1 den1) (MkRatio nom2 den2) = (MkRatio (nom1 * nom2) (den1 * den2))
20
     negate (MkRatio nom den) = (MkRatio (- nom) den)
21
     abs (MkRatio nom den) = (MkRatio (abs nom) (abs den))
22
     signum (MkRatio nom den) = (MkRatio ((signum nom) * (signum den)) 1)
23
     fromInteger i = (MkRatio i 1)
```

 Ausgabe: 14.11.2022
 Ali Kurt 528961

 Abgabe: 21.11.1022
 Thomas Kujawa 463620

 Tutor: Tim Völker
 Felix Hoff 366927

```
25
26
   -- Funktion zum Anzeigen von rationalen Zahlen
  -- Die Notation wird später in der Vorlesung erläutert
  instance Show Ratio where
     show (MkRatio nom den) = (show nom) ++ "/" ++ (show den)
  ggT :: Integer -> Integer -> Integer
33
   ggT a b = if b == 0 then a
       else ggT b (mod a b)
36
   myRatio :: Ratio
   myRatio = MkRatio 2 3
39
  reduceFraction :: Ratio -> Ratio
   reduceFraction (MkRatio nom den) = MkRatio (div nom (ggT nom den)) (div den (ggT nom den))
42
  fromRatio :: Ratio -> Float
43
   fromRatio (MkRatio nom den) = roundFive (fromIntegral nom / fromIntegral den)
  roundFive :: Float -> Float
  roundFive f = fromIntegral(round (f*10^5))/(10^5)
   decimalPlace :: Float -> Integer
   decimalPlace f = truncate (roundFive f*10^5)
50
51
  toRatio :: Float -> Ratio
   toRatio f = reduceFraction (MkRatio (decimalPlace f) 100000)
```

Ausgabe: 14.11.2022 Ali Kurt 528961

Abgabe: 21.11.1022 Thomas Kujawa 463620

The Tile Mail

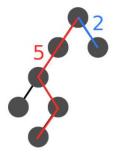
Tutor: Tim Völker Felix Hoff 366927

#### **Aufgabe P6.5:** Rekursive Datentypen (1+3+1,5+1,5+3=10 Punkte)

In der Vorlesung haben Sie den ADT Binärbaum Btree kennengelernt. Sie sollen nun einen konkrete Datentypen BtreeFloat implementieren, der nur Elemente vom Typ Float abspeichert. Folgen Sie dabei dem Programmentwurf der Vorlesung und erstellen Sie (1) Funktionsköpfe, (2) Beispiele und (3) Funktionsrümpfe sowie (4) eine Überprüfung anhand der generierten Beispiele. Bearbeiten Sie dafür folgende Aufgaben:

- (a) Implementieren Sie nun den Binärbaum BtreeFloat. Ein Binärbaum ist entweder ein leerer Knoten Nil oder ein Knoten Node mit einer Gleitkommazahl (Float) als Wert und einem linken Kind (einem Binärbaum) und einem rechten Kind (einem Binärbaum).
- (b) Implementieren Sie die Funktion insert :: BtreeFloat  $\rightarrow$  BtreeFloat für den Datentyp BtreeFloat. Diese Funktion fügt eine Gleitkommazahl in den Binärbaum ein. Für jeden Knoten wird der Wert s mit dem Wert des aktuellen Knoten  $s_i$  verglichen. Ist  $s < s_i$  dann wird der Wert in den linken Binärbaum eingefügt, ist  $s > s_i$  dann wird der Wert in den rechten Binärbaum eingefügt. Sind beide Werte gleich wird der Wert nicht eingefügt. Der Wert s wird soweit nach unten durchgereicht bis ein Blatt erreicht wird. Dort wird dann ein neuer Knoten mit dem Wert s und zwei leeren Kindern (Binärbäumen) eingefügt.
- (c) Implementieren Sie die Funktion depth : : BtreeFloat → Int für den Datentypen BtreeFloat. Diese Funktion gibt die Tiefe eines Binärbaumes an. Dabei ist die Tiefe beschrieben durch den maximal längsten Pfad von der Wurzel bis zu einem Blatt.
- (d) Implementieren Sie die Funktion max\_node : : BtreeFloat → Float für den Datentypen BtreeFloat. Diese Funktion gibt den größten Knotenwert innerhalb des Binärbaumes zurück. Sollte die Eingabe nur ein leerer Knoten sein, dann soll max\_node den Wert 0 zurückgeben. Hinweis: Sie können davon ausgehen, dass der Binärbaum mit der Funktion insert erstellt wurde.
- (e) Implementieren Sie die Funktion path\_diff :: BtreeFloat → Int für den Datentypen BtreeFloat. Diese Funktion gibt die Differenz zwischen dem kürzesten und dem längsten Pfad im Binärbaum zurück. Ein Pfad sei dabei die Anzahl der Knoten vom Wurzelknoten (dem Startknoten) zu einem Blattknoten.

#### Beispiel:



In dem Beispiel oben hat der angegebene Binärbaum den kürzesten Pfad der Länge 2 und der längste Pfad sei dabei 5. In diesem Fall würde die Funktion 3 zurückgeben.

Ausgabe: 14.11.2022 Abgabe: 21.11.1022 Tutor: Tim Völker Ali Kurt 528961 Thomas Kujawa 463620 Felix Hoff 366927

```
1 module BtreeFloat (BtreeFloat(Nil, Node), isEmpty, value, lft, rght, isLeaf) where
2 import Control.Arrow (ArrowChoice(left, right))
3 import Distribution.Compat.Graph (nodeValue)
4 import Graphics.Win32 (tA_LEFT)
  data BtreeFloat a = Nil | Node a (BtreeFloat a) (BtreeFloat a)
       deriving (Show)
  isEmpty
              :: BtreeFloat a -> Bool
  value
              :: BtreeFloat a -> a
11 lft
             :: BtreeFloat a -> BtreeFloat a
12 rght
             :: BtreeFloat a -> BtreeFloat a
             :: BtreeFloat a -> Bool
  isLeaf
14
  isEmpty Nil = True
                                                   --leerer Baum
15
  isEmpty (Node nValue tLeft tRight) = False
                                                   --nicht leerer Baum
value Nil = error "Baum ist leer"
                                                   -- Zugriff nicht erlaubt
  value(Node nValue tLeft tRight) = nValue
                                               --Liefert Wert des Knotens
21 lft Nil = error "Baum ist leer"
                                                  --Zugriff nicht erlaubt
22 lft(Node nValue tLeft tRight) = tLeft
                                                 --linkes Kind
23
  rght Nil = error "Baum ist leer"
                                                  --Zugriff nicht erlaubt
25 rght (Node nValue tLeft tRight) = tRight
                                                  --rechtes Kind
27 isLeaf Nil = error "Baum ist leer"
                                                  --Zugriff nicht erlaubt
28 isLeaf (Node nValue Nil Nil) = True
                                                  --Blatt hat keine Kinder
29 isLeaf ( Node nValue tLeft tRight) = False
                                                  --sonst kein Blatt
```