

# Grundlegende Datentypen

Funktionale Programmierung

---

Prof. Dr. Oliver Braun

Letzte Änderung: 22.10.2018 10:53

- in Haskell ist alles streng typisiert
- Haskell verfügt über einen Typinferenz-Mechanismus, der den Typ berechnet
- im GHCi können Sie sich den Typ für jeden beliebigen (korrekten) Ausdruck anzeigen lassen
- Beispiele:

```
Prelude> :t 'a'
```

```
'a' :: Char
```

```
Prelude> :t "Hallo"
```

```
"Hallo" :: [Char]
```

# Datentypen definieren

- neue Datentypen werden in Haskell mit dem Schlüsselwort `data` definiert
- beispielsweise wird in der Standardbibliothek definiert:

```
data Bool = False | True
```

- `Bool` ist der **Typkonstruktor** der z.B. in Typsignaturen auftaucht
- `False` und `True` sind **Datenkonstruktoren**
- das Pipe-Symbol `|` zeigt an, dass es sich bei `Bool` um einen sog. **Summentypen** (*sum type*) handelt
  - ein Wert vom Typ `Bool` ist entweder `False` oder `True`

- Typklasse **Integral**
  - **Int** – ganze Zahlen, feste Länge
  - **Integer** – ganze Zahlen, beliebig groß/klein
- Typklasse **Fractional**
  - **Float, Double** – as usual
  - **Ratio** – Brüche (in **Data.Ratio**)
  - **Scientific** – speichereffiziente, nahezu beliebig genaue Zahlen (im Package **scientific**)
- alle sind gemeinsam in der Typklasse **Num**

- Typklassen sind dazu da um Funktionen zu überladen
- in den Typsignaturen können sog. **Typpconstraints** angegeben werden, z.B.

```
(/) :: Fractional a => a -> a -> a
```

- das bedeutet die Funktion (/) kann auf Werte aller Typen `a` angewendet werden mit der Einschränkung, dass `a` in der Typklasse `Fractional` ist
- d.h. insbesondere (/) kann nicht auf `Int` und `Integer` angewendet werden, dazu gibt es in Haskell die Funktion

```
div :: Integral a => a -> a -> a
```

- heisst **parametrischer Polymorphismus**

- um Werte auf Gleichheit zu vergleichen, gibt es in Haskell die Funktionen

```
(=) :: Eq a => a -> a -> Bool
```

```
(/=) :: Eq a => a -> a -> Bool
```

- die Relationen  $<$ ,  $\leq$ , ... sind in der Typklasse **Ord**, z.B.

```
(≥) :: Ord a => a -> a -> Bool
```

## if-then-else als Ausdruck

- Haskell hat keine Kontrollstrukturen
- `if-then-else` ist in Haskell als Ausdruck (*expression*) verfügbar, z.B.

```
if x == 3 then "three" else "not three"
```

- analog zu ternärem Operator `?:` in anderen Programmiersprachen

- Tupel kombinieren zwei oder mehr Werte zu einem Tupel-Wert
- Datendefinition für 2-Tupel:

```
data (,) a b = (,) a b
```

- der Typkonstruktor hat zwei Typen als Parameter, d.h. er konstruiert auf Typebene aus zwei Typen einen neuen Typ
- ein Tupel ist ein sog. **Produkttyp**, d.h. wir benötigen Werte von beiden Typen **a** und **b** um einen Wert vom Typ **(,) a b** zu erzeugen



- Anmerkung: Üblicherweise schreiben wir die Werte und auch die Typen innerhalb der Klammern:

```
(True, "Hallo") :: (Bool, String)
```

- für 2-Tupel gibt es die Funktionen

```
fst :: (a, b) → a
```

```
snd :: (a, b) → b
```

- auf die Komponenten von Tupeln greifen wir üblicherweise mit sog. **Pattern Matching** zu, z.B.

```
tupFun :: (Int, [a]) -> (Int, [a]) -> (Int, [a])
tupFun (a, b) (c, d) = ((a + c), (b ++ d))
```

- ginge auch so, ist aber eher unüblich

```
tupFun' :: (Int, [a]) -> (Int, [a]) -> (Int, [a])
tupFun' t s = ((fst t + fst s), (snd t ++ snd s))
```

- Listen sind ein weiterer first-class Containertyp in Haskell
- Listen enthalten beliebig viele Werte des selben Typs
- Tupel enthalten eine feste Anzahl Werte (potentiell) verschiedener Typen
- selbstverständlich kann beides kombiniert werden, z.B.

```
(True  
 , [ (1, "Hallo")  
    , (2, " ")  
    , (3, "Welt")  
    , (4, "!")  
    ]  
 ) :: Num a => (Bool, [(a, [Char])])
```

- betrachten wir die Typen<sup>1</sup>

```
(++) :: [a] → [a] → [a]
```

```
concat :: [[a]] → [a]
```

- d.h. wir können die beiden Funktionen auf Listen beliebiger Typen anwenden

```
Prelude> [1,2,3] ++ [4,5]
```

```
[1,2,3,4,5]
```

```
Prelude> concat [[1, 2], [3, 4, 5], [6, 7]]
```

```
[1,2,3,4,5,6,7]
```

---

<sup>1</sup>Der Typ von `concat` ist sogar allgemeiner, aber dazu später mehr

## Strings sind Listen von Char

- einzeln mit

```
(++) :: String → String → String
```

```
Prelude> "Hallo" ++ " " ++ "Welt" ++ "!"  
"Hallo Welt!"
```

- oder eine Liste mit

```
concat :: [String] → String
```

```
Prelude> concat ["Hallo", " ", "Welt", "!"]  
"Hallo Welt!"
```

- Listen können alles enthalten, aber nie gemischt:

```
Prelude> "hello" ++ [1, 2, 3]
```

```
<interactive>:14:13:
```

```
  No instance for (Num Char) arising  
    from the literal '1'
```

```
In the expression: 1
```

```
In the second argument of '(++)',  
  namely '[1, 2, 3]'
```

```
In the expression: "hello" ++ [1, 2, 3]
```

- `cons`:  $(:) :: a \rightarrow [a] \rightarrow [a]$
- `head`
- `tail`
- `take`, `drop`
- `(!!)`
- ...

# Listenkomprehension

- Haskell bietet mit der Listenkomprehension eine Notation für Listen, die an die Mengenkomprension der Mathematik angelehnt ist
- Beispiel für Mengenkomprension:

$$\{(x, y) \mid \forall x \in \{1, \dots, 10\}, \forall y \in \{x, \dots, 10\}, 2 \cdot x \neq y\}$$

- in Haskell:

```
[ ( x, y ) | x ← [1..10], y ← [x..10], 2 * x /= y ]
```

- obiges Beispiel zeigt außerdem, dass in Haskell Listen durch die Verwendung von `..` kürzer geschrieben werden können



## **print** vs. **putStr**

- Werte aller Typen die in der **Typklasse Show** sind, können mit **print** ausgegeben werden, z.B.

```
Prelude> print 'a'
```

```
'a'
```

```
Prelude> print 2
```

```
2
```

```
Prelude> print "Hallo"
```

```
"Hallo"
```

- ausschließlich **Strings** können mit **putStr** ausgegeben werden

```
Prelude> putStrLn "Hallo"
```

```
Hallo
```

- Beachten Sie den Unterschied in der Ausgabe von **Hallo**

## Und was ist mit I/O?

- Haskell ist rein funktional
  - keine Seiteneffekte
  - also keine I/O?
- **IO** ist für den Haskell Compiler ein Container, wie z.B. Listen
  - über **IO** weiß der Compiler aber nicht mehr als das
- nachdem die sequentielle Ausführung von I/O ein wesentliches Merkmal ist, gibt es in Haskell die sog. **do**-Notation

### **do**

```
putStrLn "Hello"  
putStrLn "World"
```

## Mehr to do (1/2)

- innerhalb eines **do**-Blockes gibt es einige Besonderheiten zu beachten
- jede Zeile muss vom Typ **IO x** für ein beliebiges **x** sein
- der Typ der letzten Zeile ist der Ergebnistyp der Funktion
- soll ein Ausdruck einen Namen bekommen, muss ein **let** voran gestellt werden, z.B.

**do**

...

```
let x = y * 13 + z
```

```
z = 25 * y
```

- wird ein Wert durch innerhalb einer I/O-Action berechnet, kann er mit  $\leftarrow$  einen Namen bekommen, z.B.

**do**

...

```
str ← getLine
```

- hat ein berechneter Wert nicht den Typ  $\mathbf{IO\ x}$  für ein beliebiges  $x$ , muss er mit der Funktion

```
return :: x → IO x
```

zu einem Wert vom Typ  $\mathbf{IO\ x}$  gemacht werden

## So wenig wie möglich, so viel wie nötig

- halten Sie Ihren I/O-Anteil so klein wie möglich
- vermeiden Sie umfangreichere *reine* Berechnungen innerhalb eines **do**-Blockes
  - lagern Sie diese in eine eigene Funktion **ohne** I/O aus
- Funktionen ohne I/O können viel leichter getestet werden!
- mit Hilfe der **do**-Notation können Sie in Haskell Programme schreiben, die wie die in einer imperativen Sprache **aussehen**<sup>2</sup>
  - **widerstehen Sie dieser Versuchung**

---

<sup>2</sup>Die **do**-Notation ist nur *syntactic sugar*, imperativ ist da gar nichts (siehe später bei *Monaden*).