Vorlesung vom 16.12.2001: Ein/Ausgabe in Funktionalen Sprachen

Inhalt

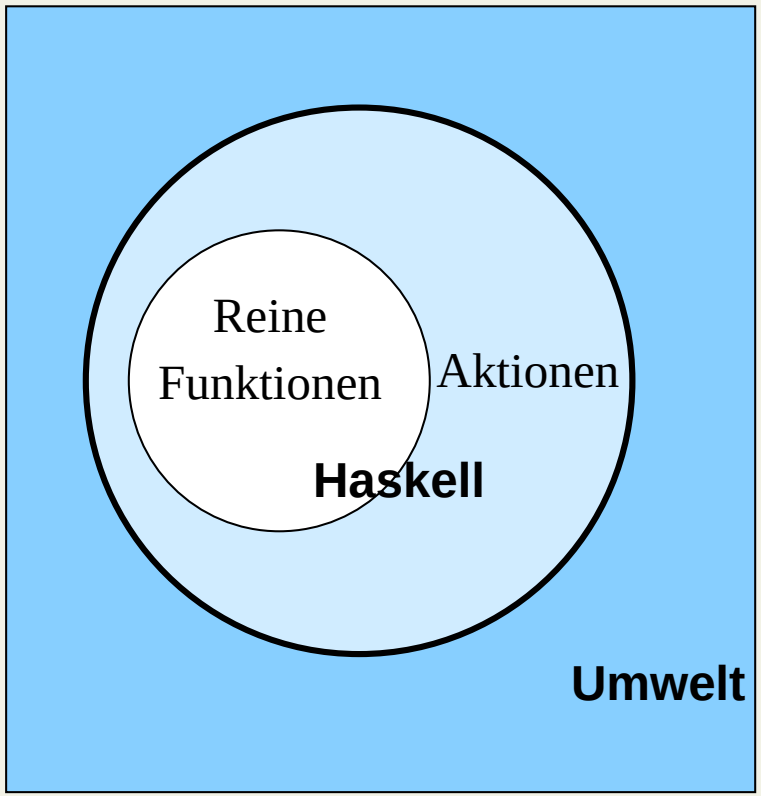
- Wo ist das Problem?
- Aktionen und der Datentyp IO.
- Vordefinierte Aktionen
- Beispiel: `Nim`
- Aktionen als Werte

Ein- und Ausgabe in funktionalen Sprachen

- **Problem:**
  Funktionen mit Seiteneffekten nicht referentiell transparent.
  - z. B. `readString :: () -> String` ??

- **Lösung:**
  Seiteneffekte am Typ `IO` erkennbar — Aktionen
  - Aktionen können nur mit Aktionen komponiert werden
  - „einmal IO, immer IO“

Aktionen als abstrakter Datentyp




```
type IO t

(>>=)  :: IO a
       -> (a-> IO b)
       -> IO b

return :: a-> IO a
```

Vordefinierte Aktionen (Prelude)

- Zeile von `stdin` lesen:

```
getLine  :: IO String
```

- String auf `stdout` ausgeben:

```
putStr   :: String-> IO ()
```

- String mit Zeilenvorschub ausgeben:

```
putStrLn :: String-> IO ()
```

Ein einfaches Beispiel

- Echo:

```
echo :: IO ()
echo = getLine >>= putStrLn >>= \_ -> echo
```

- Umgekehrtes Echo:

```
ohce :: IO ()
ohce = getLine >>= putStrLn . reverse >> ohce
```

- Vordefinierte Abkürzung:

```
(>>) :: IO t-> IO u-> IO u
f >> g = f >>= \_ -> g
```

Die do-Notation

- Syntaktischer Zucker für `IO`:

```
echo =                                  echo =
  getLine                                 do s<- getLine
  >>= \s-> putStrLn s        ⟺              putStrLn s
  >> echo                                    echo
```

  - Rechts sind `>>=`, `>>` implizit.
- Es gilt die Abseitsregel.
  - Einrückung der ersten Anweisung nach `do` bestimmt Abseits.
  - Fallunterscheidungen: `then`-Zweig einrücken.

Module in der Standardbücherei

- Ein/Ausgabe, Fehlerbehandlung (Modul `IO`)
- Zufallszahlen (Modul `Random`)
- Kommandozeile, Umgebungsvariablen (Modul `System`)
- Zugriff auf das Dateisystem (Modul `Directory`)
- Zeit (Modul `Time`)

Ein/Ausgabe mit Dateien

- Im Prelude vordefiniert:
  - Dateien schreiben (überschreiben, anhängen):

```
type FilePath =  String
writeFile     ::  FilePath -> String -> IO ()
appendFile    ::  FilePath -> String -> IO ()
```

  - Datei lesen (verzögert):

```
readFile      ::  FilePath             -> IO String
```

- Mehr Operationen im Modul `IO` der Standardbücherei
  - Buffered/Unbuffered, Seeking, &c.
  - Operationen auf `Handle`

Beispiel: Zeichen, Worte, Zeilen zählen (wc)

```
wc :: String-> IO ()
wc file =
  do c<- readFile file
     putStrLn (show (length (lines c))
                              ++ " lines ")
     putStrLn (show (length (words c))
                              ++ " words, and ")
     putStrLn (show (length c)++ " characters. ")
```

Nicht sehr effizient — Datei wird im Speicher gehalten.

Noch ein Beispiel: `Nim` revisited

- Benutzerschnittstelle von `Nim`:
- Am Anfang Anzahl der Hölzchen auswürfeln.
- Eingabe des Spielers einlesen.
- Wenn nicht zu gewinnen, aufgeben, ansonsten ziehen.
- Wenn ein Hölzchen übrig ist, hat Spieler verloren.

Alles Zufall?

- Zufallswerte: Modul `Random`, Klasse `Random`

```
class Random a where
  randomRIO :: (a, a)-> IO a
  randomIO  :: IO a
```

- Instanzen von `Random`: Basisdatentypen.
- `Random` enthält ferner
  - Zufallsgeneratoren für Pseudozufallszahlen.
  - Unendliche Listen von Zufallszahlen.

Nim revisited

- Importe und Hilfsfunktionen:

```
import Random (randomRIO)
```

- `wins` liefert `Just` n, wenn Zug n gewinnt; ansonsten `Nothing`

```
wins :: Int-> Maybe Int
wins n =
  if m == 0 then Nothing else Just m where
     m = (n- 1) `mod` 4
```

```
play :: Int-> IO ()
play n =
  do putStrLn ("Der Haufen enthält "++ show n ++
                " Hölzchen.")
     if n== 1 then putStrLn "Ich habe gewonnen!"
       else
         do m<- getInput
            case wins (n-m) of
              Nothing -> putStrLn "Ich gebe auf."
              Just l  -> do putStrLn ("Ich nehme "
                                      ++ show l)
                            play (n-(m+l))
```

- Noch zu implementieren: Benutzereingabe

```
getInput' :: IO Int
getInput' =
  do putStr "Wieviele nehmen Sie? "
     n <- do s<- getLine
             return (read s)
     if n<= 0 || n>3 then
       do putStrLn "Ungültige Eingabe!"
          getInput'
       else return n
```

- Nicht sehr befriedigend: Abbruch bei falscher Eingabe.

Fehlerbehandlung

- Fehler werden durch `IOError` repräsentiert
- Fehlerbehandlung durch Ausnahmen (ähnlich Java)

```
ioError :: IOError -> IO a     -- "throw"
catch   :: IO a-> (IOError-> IO a) -> IO a
```

- Nur in Aktionen können Fehler behandelt werden.

- Fangbare Benutzerfehler mit

  ```
  userError::String-> IOError
  ```

- `IOError` kann analysiert werden— Auszug aus Modul `IO`:

  ```
  isDoesNotExistError  :: IOError -> Bool
  isIllegalOperation   :: IOError -> Bool
  isPermissionError    :: IOError -> Bool
  isUserError          :: IOError -> Bool
  ioeGetErrorString    :: IOError -> String
  ioeGetFileName       :: IOError -> Maybe FilePath
  ```

- `read` mit Ausnahme bei Fehler (statt Programmabbruch):

  ```
  readIO :: Read a=> String-> IO a
  ```

Robuste Eingabe

```
getInput :: IO Int
getInput =
  do putStr "Wieviele nehmen Sie? "
     n <- catch (do s<- getLine
                    readIO s)
                (\_ -> do putStrLn "Eingabefehler!"
                          getInput)
     if n<= 0 || n>3 then
       do putStrLn "Ungültige Eingabe!"
          getInput
       else return n
```

Haupt- und Startfunktion

- Begrüßung,
- Anzahl Hölzchen auswürfeln,
- Spiel starten.

```
main :: IO ()
main = do putStrLn "\nWillkommen bei Nim!\n"
          n <- randomRIO(5,49)
          play n
```

Aktionen als Werte

- Aktionen sind Werte wie alle anderen.
- Dadurch Definition von Kontrollstrukturen möglich.
- Besser als jede imperative Sprache.

- Endlosschleife:

```
forever :: IO a-> IO a
forever a = a >> forever a
```

- Iteration (variabel, wie `for` in Java)

```
for :: (a, a-> Bool, a-> a)-> (a-> IO ())-> IO ()
for (start, cont, next) cmd =
  iter start where
    iter s = if cont s then cmd s >> iter (next s)
                       else return ()
```

Vordefinierte Kontrollstrukturen (Prelude)

- Listen von Aktionen sequenzieren:

```
sequence :: [IO a]-> IO [a]
sequence (c:cs) = do x  <- c
                     xs <- sequence cs
                     return (x:xs)
```

- Sonderfall: `[()]` als `()`

```
sequence_ :: [IO ()]-> IO ()
```

Map und Filter für Aktionen

- Map für Aktionen:

```
mapM :: (a-> IO b)-> [a]-> IO [b]
mapM f = sequence . map f

mapM_ :: (a-> IO ())-> [a]-> IO ()
mapM_ f = sequence_ . map f
```

- Filter für Aktionen
  - Importieren mit `import Monad (filterM)`.

```
filterM :: (a -> IO Bool) -> [a] -> IO [a]
```

Beispiel

- Führt Aktionen zufällig oft aus:

```
atmost :: Int-> IO a-> IO [a]
atmost most a =
  do l<- randomRIO (1, most)
     sequence (replicate l a)
```

- Zufälligen String:

```
randomStr :: IO String
randomStr = atmost 10 (randomRIO ('a','z'))
```

Zeigen.

Zusammenfassung

- Ein/Ausgabe in Haskell durch Aktionen
  - Aktionen (Typ `IO a`) sind seiteneffektbehaftete Funktionen
  - Komposition von Aktionen durch

```
(>>=)  :: IO a-> (a-> IO b)-> IO b
return :: a-> IO a
```

  - `do`-Notation
- Fehlerbehandlung durch Ausnahmen (`IOError`, `catch`).
- Verschiedene Funktionen der Standardbücherei:
  - Prelude: `getLine, putStr, putStrLn`
  - Module: `IO`, `Random`,