Praktische Informatik 3

Einführung in die Funktionale Programmierung

Vorlesung vom 09.01.2007: Ein/Ausgabe in Funktionalen Sprachen

Christoph Lüth

WS 06/07

Inhalt

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

Ein- und Ausgabe in funktionalen Sprachen

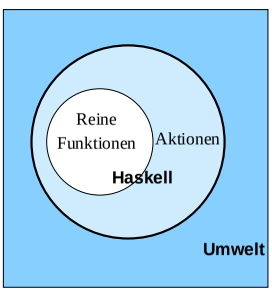
Problem: Funktionen mit Seiteneffekten nicht referentiell transparent.

- 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
```

- Zeichenkette auf `stdout` *ausgeben*:

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

- Zeichenkette mit Zeilenvorschub *ausgeben*:

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


Einfache Beispiele

- Echo einfach:

```
echo1 :: IO ()
echo1 = getLine >>= putStrLn
```

- Echo mehrfach:

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

- Umgekehrtes Echo:

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


Die `do`-Notation

- Vordefinierte Abkürzung:

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

- 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.

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, Wörter, Zeilen zählen (`wc`)

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

- Testen.
- Nicht sehr effizient — Datei wird *im Speicher gehalten*.

Beispiel: `wc` verbessert.

```
wc' :: String-> IO ()
wc' file =
  do c<- readFile file
     putStrLn (show (cnt 0 0 0 False c)++
               " lines, words, characters.")
cnt :: Int-> Int-> Int-> Bool-> String-> (Int, Int, Int)
cnt l w c _ [] = (l, w, c)
cnt l w c blank (x:xs)
  | isSpace x && not blank = cnt l' (w+1) (c+1) True xs
  | isSpace x && blank     = cnt l' w (c+1) True xs
  | otherwise              = cnt l w (c+1) False xs where
    l' = if x == '\n' then l+1 else l
```

- Datei wird *verzögert gelesen* und *dabei verbraucht*.

Ein längeres 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
```

- *Warum* ist `randomIO` *Aktion*?
  - *Referentielle Transparenz* erlaubt *keinen Nichtdeterminismus*.
- *Vordefinierte 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
```


Hauptfunktion

- *Start des Spiels* mit n Hölzchen

```
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))
```


Benutzereingabe

- 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
```

- Fehlerbehandlung *nur in Aktionen*

Fehler fangen und behandeln

- 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.

Beispiel: Kontrollstrukturen

- Endlosschleife:

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

- Iteration (feste Anzahl)

```
forN :: Int-> IO a-> IO ()
forN n a | n == 0    = return ()
         | otherwise = a >> forN (n-1) a
```


Vordefinierte Kontrollstrukturen (Prelude)

- Listen von Aktionen sequenzieren:

```
sequence :: [IO a]-> IO [a]
sequence []     = return []
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`,