

Reaktive Programmierung  
Vorlesung 3 vom 21.04.15: Funktional-Reaktive Programmierung

Christoph Lüth & Martin Ring

Universität Bremen

Sommersemester 2015

# Fahrplan

- ▶ Teil I: Grundlegende Konzepte
  - ▶ Was ist Reaktive Programmierung?
  - ▶ Nebenläufigkeit und Monaden in Haskell
  - ▶ Funktional-Reaktive Programmierung
  - ▶ Einführung in Scala
  - ▶ Die Scala Collections
  - ▶ ScalaTest und ScalaCheck
- ▶ Teil II: Nebenläufigkeit
- ▶ Teil III: Fortgeschrittene Konzepte

# Das Tagemenü

- ▶ **Funktional-Reaktive Programmierung** (FRP) ist **rein** funktionale, reaktive Programmierung.
- ▶ Sehr **abstraktes** Konzept — im Gegensatz zu Observables und Aktoren.
- ▶ Literatur: Paul Hudak, **The Haskell School of Expression**, Cambridge University Press 2000, Kapitel 13, 15, 17.
  - ▶ Andere (effizientere) Implementierung existieren.

# FRP in a Nutshell

- ▶ Zwei Basiskonzepte
- ▶ **Kontinuierliches**, über der Zeit veränderliches **Verhalten**:

```
type Time = Float  
type Behaviour a = Time → a
```

- ▶ **Diskrete Ereignisse** zu einem bestimmten Zeitpunkt:

```
type Event a = [(Time, a)]
```

- ▶ Obige Typdefinitionen sind **Spezifikation**, nicht **Implementation**

# Verhalten: erste einfache Beispiele

- ▶ Ein kreisender und ein pulsierender Ball:

```
circ , pulse :: Behavior Region
circ      = translate (cos time, sin time) (ell 0.2 0.2)
pulse    = ell (cos time * 0.5) (cos time * 0.5)
```

- ▶ Was passiert hier?
  - ▶ Basisverhalten: time :: Behaviour Time, constB :: a → Behavior a
  - ▶ Grafikbücherei: Datentyp Region, Funktion Ellipse
  - ▶ Liftings (\*, 0.5, sin, ...)

# Reaktive Animationen: Verhaltensänderung

- ▶ Beispiel: auf Knopfdruck Farbe ändern:

```
color1 :: Behavior Color
color1 = red 'untilB' lbp ->> blue
```

- ▶ Was passiert hier?

- ▶ untilB kombiniert Verhalten:

```
untilB :: Behavior a -> Event (Behavior a) -> Behavior a
```

- ▶  $= \gg$  ist map für Ereignisse:

```
(=>>) :: Event a -> (a -> b) -> Event b
(->>) :: Event a -> b -> Event b
e ->> v = e =>> \_ -> v
```

# Reaktive Animationen: Verhaltensänderung

- ▶ Beispiel: auf Knopfdruck Farbe ändern:

```
color2r = red 'untilB' ce where  
    ce = (lbp ->> blue 'untilB' ce) .|.   
        (key ->> yellow 'untilB' ce)
```

- ▶ Was passiert hier?

- ▶ untilB kombiniert Verhalten:

```
untilB :: Behavior a -> Event (Behavior a) -> Behavior a
```

- ▶  $= \gg$  ist map für Ereignisse:

```
(=>>) :: Event a -> (a -> b) -> Event b  
(- >>) :: Event a -> b -> Event b  
e ->> v = e =>>  $\lambda \_ \rightarrow v$ 
```

- ▶ Kombination von Ereignissen:

# Der Springende Ball

```
ball2 = paint red (translate (x,y) (ell 0.2 0.2))
  where g = -4
        x = -3 + integral 0.5
        y = 1.5 + integral v
        v = integral g 'switch'
            (hit 'snapshot_' v ==>> λv' →
             lift0 (-v') + integral g)
        hit = when (y <= -1.5)
```

- ▶ Nützliche Funktionen:

```
integral :: Behavior Float → Behavior Float
```

```
snapshot :: Event a → Behavior b → Event (a,b)
```

- ▶ **Erweiterung:** Ball ändert Richtung, wenn er gegen die Wand prallt.



# Implementation

- ▶ Verhalten, erste Annäherung:

```
data Beh1 a = Beh1 ([[UserAction, Time]] → Time → a)
```

- ▶ Problem: Speicherleck und Ineffizienz
- ▶ Analogie: suche in sortierten Listen

```
inList :: [Int] → Int → Bool  
inList xs y = elem y xs
```

```
manyInList' :: [Int] → [Int] → [Bool]  
manyInList' xs ys = map (inList xs) ys
```

- ▶ Besser Sortiertheit direkt nutzen

```
manyInList :: [Int] → [Int] → [Bool]
```

# Implementation

- ▶ Verhalten werden **inkrementell abgetastet**:

```
data Beh2 a  
  = Beh2 ((UserAction, Time) → [Time] → [a])
```

- ▶ Verbesserungen:
  - ▶ Zeit doppelt, nur **einmal**
  - ▶ Abtastung auch **ohne Benutzeraktion**
  - ▶ **Currying**

```
data Behavior a  
  = Behavior ([Maybe UserAction], [Time]) → [a]
```

- ▶ Ereignisse sind im Prinzip **optionales Verhalten**:

```
data Event a = Event (Behaviour (Maybe a))
```

## Längeres Beispiel: Paddleball

- ▶ Das Paddel:

```
paddle = paint red (translate (fst mouse, -1.7) (rec 0.5 0.05))
```

- ▶ Der Ball:

```
pball vel =  
  let xvel    = vel 'stepAccum' xbounce ->> negate  
      xpos    = integral xvel  
      xbounce = when (xpos >* 2 ||* xpos <* -2)  
      yvel    = vel 'stepAccum' ybounce ->> negate  
      ypos    = integral yvel  
      ybounce = when (ypos >* 1.5  
                    ||* ypos    'between' (-2.0,-1.5) &&*  
                    fst mouse 'between' (xpos-0.25,xpos+0.25))  
  in paint yellow (translate (xpos, ypos) (ell 0.2 0.2))
```

- ▶ Die Mauern:

```
walls :: Behavior Picture
```

- ▶ ... und alles zusammen:

```
paddleball vel = walls 'over' paddle 'over' pball vel
```

# Warum nicht in Scala?

- ▶ Lifting und Typklassen für **syntaktischen Zucker**
- ▶ Aber: zentrales Konzept sind **unendliche** Listen (Ströme) mit **nicht-strikte** Auswertung
  - ▶ Implementation mit Scala-Listen nicht möglich
  - ▶ Benötigt: **Ströme** als unendliche Listen mit effizienter, nicht-strikter Auswertung
  - ▶ Möglich, aber nicht für diese Vorlesung
- ▶ Generelle Schwäche:
  - ▶ Fundamental **nicht-kompositional** — ist gibt **eine** Hauptfunktion
  - ▶ Fehlerbehandlung, Nebenläufigkeit?

# Zusammenfassung

- ▶ Funktional-Reaktive Programmierung am Beispiel FAL (Functional Animation Library)
- ▶ Zwei Kernkonzepte: kontinuierliches Verhalten und diskrete Ereignisse
- ▶ Implementiert in Haskell, Systemverhalten als unendlicher Strom von Zuständen
- ▶ Erlaubt abstrakte Programmierung von reaktiven Animationen
- ▶ Problem ist mangelnde Kompositionalität
- ▶ Nächste Vorlesungen: Scala!