Reaktive Programmierung
Vorlesung 7 vom 31.05.2022
Reaktive Ströme (Observables)

Christoph Lüth, Martin Ring

Universität Bremen

Sommersemester 2022

Fahrplan

- Einführung
- Monaden und Monadentransformer
- Nebenläufigkeit: Futures and Promises
- Aktoren: Grundlagen & Implementierung
- Bidirektionale Programmierung
- Meta-Programmierung
- Reaktive Ströme I
- Reaktive Ströme II
- Funktional-Reaktive Programmierung
- Software Transactional Memory
- Eventual Consistency
- CRDTs
- Robustheit, Entwurfsmuster und Theorie der Nebenläufigkeit, Abschluss
- Reaktive Programmierung in der Praxis

Klassifikation von Effekten

	Einer	Viele
Synchron	`Try[T]`	`Iterable[T]`
Asynchron	`Future[T]`	`Observable[T]`

- `Try` macht **Fehler** explizit
- `Future` macht **Verzögerung** explizit
- Explizite Fehler bei Nebenläufigkeit **unverzichtbar**
- Heute: `Observables`

Future[T] ist dual zu Try[T]

```
trait Future[T]:
  def onComplete(callback: Try[T] ⇒ Unit): Unit
```

Future[T] ist dual zu Try[T]

```
trait Future[T]:
  def onComplete(callback: Try[T] ⇒ Unit): Unit
```

- `(Try[T] =>Unit)=>Unit`

Future[T] ist dual zu Try[T]

```
trait Future[T]:
  def onComplete(callback: Try[T] ⇒ Unit): Unit
```

- `(Try[T] =>Unit)=>Unit`
- Umgedreht:
  `Unit =>(Unit =>Try[T])`

Future[T] ist dual zu Try[T]

```
trait Future[T]:
  def onComplete(callback: Try[T] ⇒ Unit): Unit
```

- `(Try[T] =>Unit)=>Unit`
- Umgedreht:
  `Unit =>(Unit =>Try[T])`
- `() =>(() =>Try[T])`

Future[T] ist dual zu Try[T]

```
trait Future[T]:
  def onComplete(callback: Try[T] ⇒ Unit): Unit
```

- `(Try[T] =>Unit)=>Unit`
- Umgedreht:
  `Unit =>(Unit =>Try[T])`
- `() =>(() =>Try[T])`
- ≈ `Try[T]`

Try vs Future

- `Try[T]`: Blockieren $\longrightarrow$ `Try[T]`
- `Future[T]`: Callback $\longrightarrow$ `Try[T]` (**Reaktiv**)

Was ist dual zu `Iterable`?

```
trait Iterable[T] { def iterator(): Iterator[T] }
trait Iterator[T] { def hasNext: Boolean
                    def next(): T }
```

Was ist dual zu `Iterable`?

```
trait Iterable[T] { def iterator(): Iterator[T] }
trait Iterator[T] { def hasNext: Boolean
                    def next(): T }
```

- `() =>`

Was ist dual zu `Iterable`?

```
trait Iterable[T] { def iterator(): Iterator[T] }
trait Iterator[T] { def hasNext: Boolean
                    def next(): T }
```

- `() =>() =>Try[Option[T]]`

Was ist dual zu `Iterable`?

```
trait Iterable[T] { def iterator(): Iterator[T] }
trait Iterator[T] { def hasNext: Boolean
                    def next(): T }
```

- `() =>() =>Try[Option[T]]`
- Umgedreht:
  `(Try[Option[T]] =>Unit)=>Unit`

Was ist dual zu `Iterable`?

```
trait Iterable[T] { def iterator(): Iterator[T] }
trait Iterator[T] { def hasNext: Boolean
                    def next(): T }
```

- `() =>() =>Try[Option[T]]`
- Umgedreht:
  `(Try[Option[T]] =>Unit)=>Unit`
- `( T =>Unit, Throwable =>Unit, ()=>Unit )=>Unit`

Observable[T] ist dual zu Iterable[T]

```
trait Iterable[T]:
  def iterator: Iterator[T]


trait Iterator[T]:
  def hasNext: Boolean
  def next(): T
```

```
trait Observable[T]:
  def subscribe(Observer[T] observer):
      Subscription

trait Observer[T]:
  def onNext(T value): Unit
  def onError(Throwable error): Unit
  def onCompleted(): Unit

trait Subscription:
  def unsubscribe(): Unit
```

Warum Observables?

```
class Robot(var pos: Int, var battery: Int):
  def goldAmounts = new Iterable[Int]:
    def iterator = new Iterator[Int]:
      def hasNext = world.length > pos
      def next() = if battery > 0 then
          Thread.sleep(1000)
          battery -= 1
          pos += 1
          world(pos).goldAmount
        else sys.error("low battery")

(robotA.goldAmounts zip robotB.goldAmounts)
  .map(_ + _).takeUntil(_ > 5)
```

Observable Robots

```
class Robot(var pos: Int, var battery: Int):
  def goldAmounts = Observable { obs ⇒
    var continue = true
    while continue && world.length > pos do
      if battery > 0 then
        Thread.sleep(1000)
        pos += 1
        battery -= 1
        obs.onNext(world(pos).gold)
      else obs.onError(new Exception("low battery"))
    obs.onCompleted()
    Subscription(continue = false)

(robotA.goldAmounts zip robotB.goldAmounts)
  .map(_ + _).takeUntil(_ > 5)
```

Observables Intern

DEMO

Observable Contract

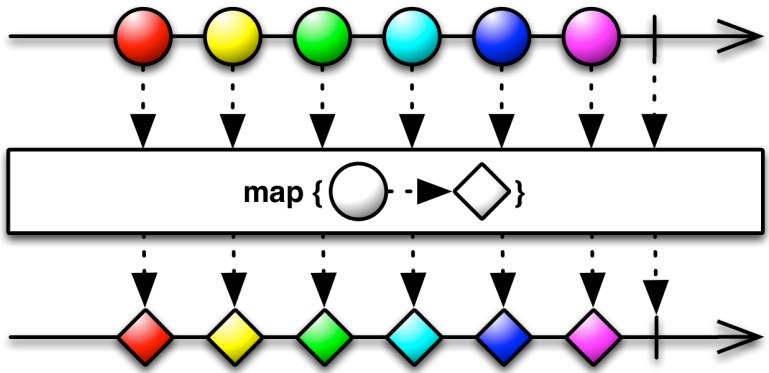
- die `onNext` Methode eines Observers wird beliebig oft aufgerufen.
- `onCompleted` oder `onError` werden nur einmal aufgerufen und schließen sich gegenseitig aus.
- Nachdem `onCompleted` oder `onError` aufgerufen wurde wird `onNext` nicht mehr aufgerufen.

`onNext*(onCompleted|onError)?`

- Diese Spezifikation wird durch die Konstruktoren erzwungen.

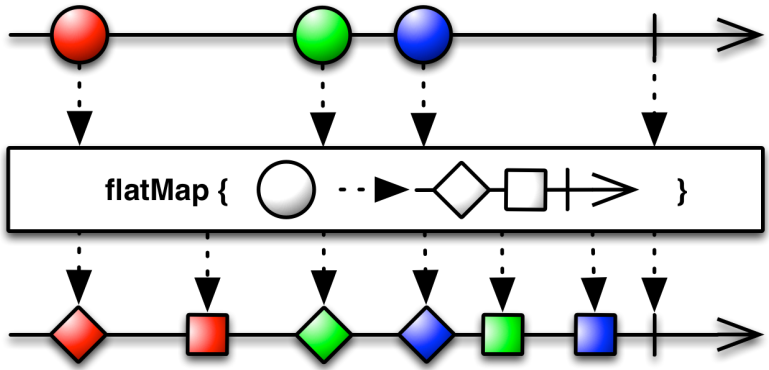
map

```
def map[U](f: T ⇒ U): Observable[U]
```



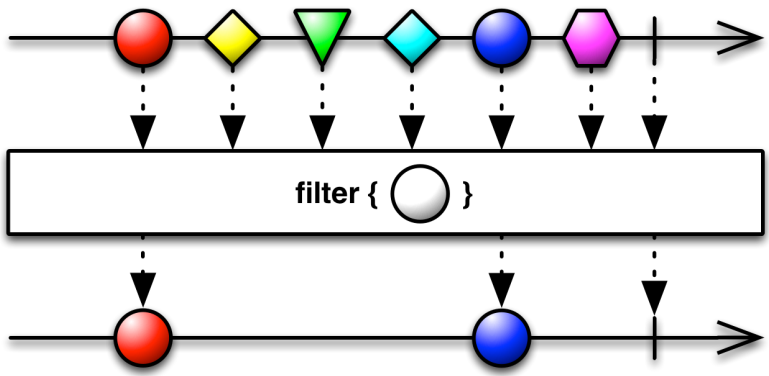
flatMap

```
def flatMap[U](f: T ⇒ Observable[U]): Observable[U]
```



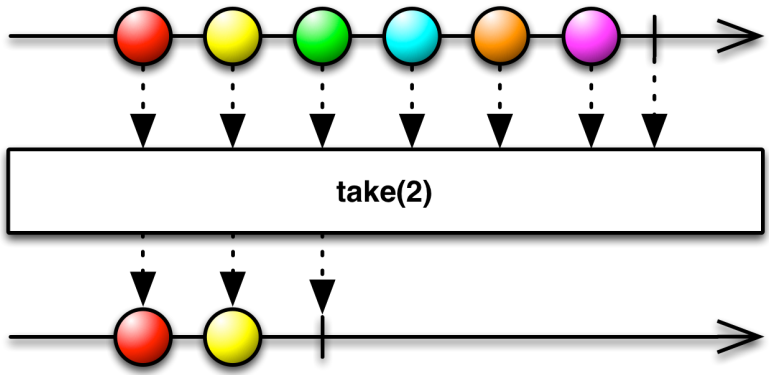
filter

```
def filter(f: T ⇒ Boolean): Observable[T]
```



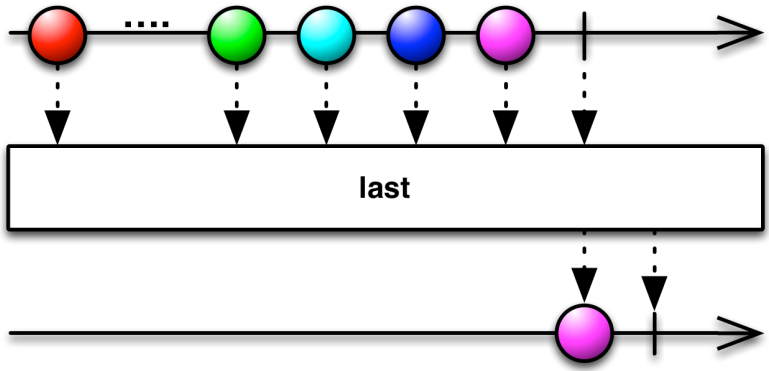
take

```
def take(count: Int): Observable[T]
```



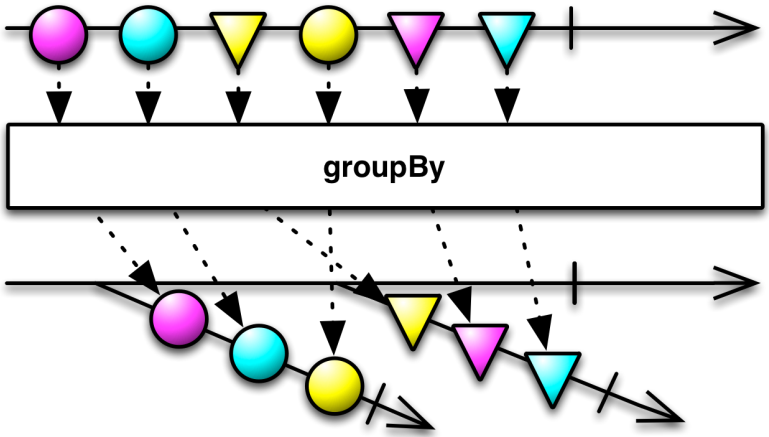
last

```
def last: Observable[T]
```



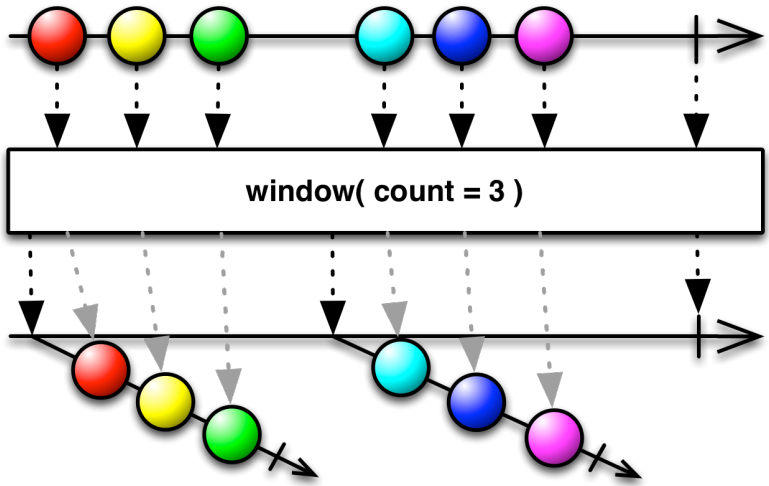
groupBy

```
def groupBy[U](T ⇒ U): Observable[Observable[T]]
```



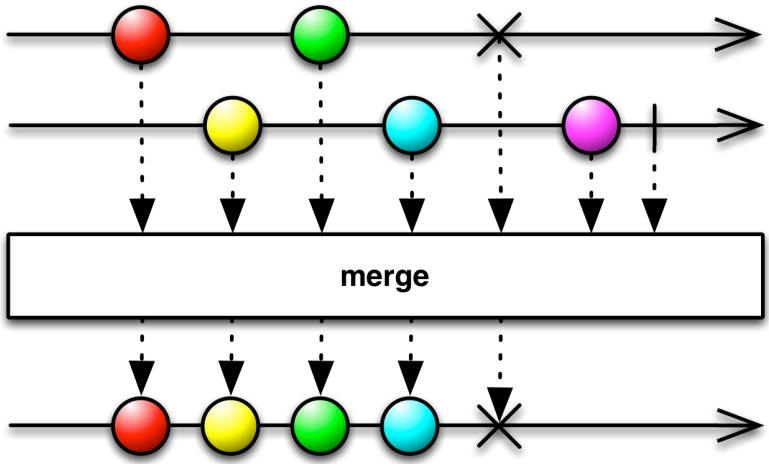
window

```
def window(count: Int): Observable[Observable[T]]
```



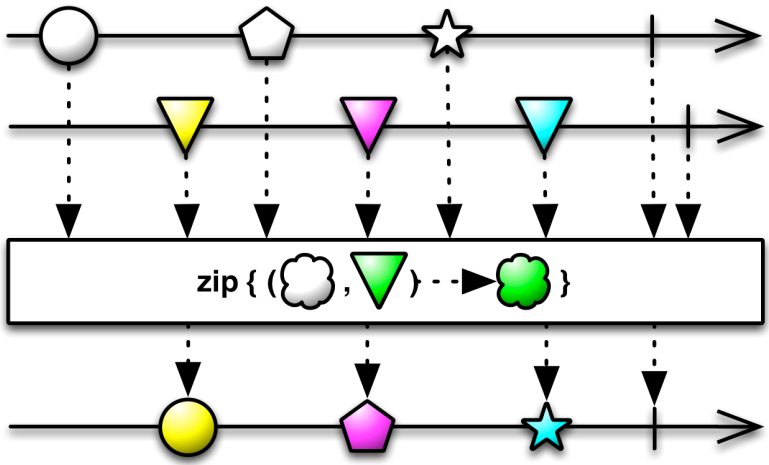
merge

```
def merge[T](obss: Observable[T]*): Observable[T]
```



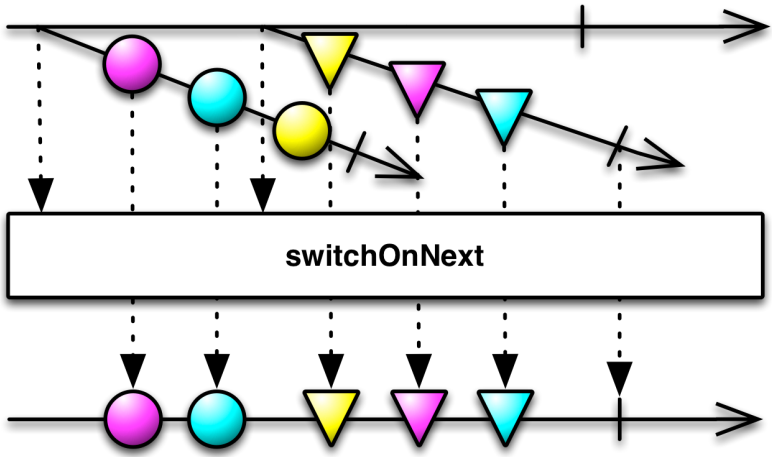
zip

```
def zip[U,S](obs: Observable[U], f: (T,U) ⇒ S): Observable[S]
```



switch

```
def switch(): Observable[T]
```



Subscriptions

- Subscriptions können mehrfach gecancelt werden. Deswegen müssen sie idempotent sein.

```
trait Subscription:
  def cancel(): Unit

class CompositeSubscription(subscriptions: Subscription*) extends
    Subscription

trait MultiAssignmentSubscription extends Subscription:
  def subscription_=(s: Subscription)
  def subscription: Subscription
```

Schedulers

- Nebenläufigkeit über `Scheduler`

```
trait Scheduler:
  def schedule(work: ⇒ Unit): Subscription

trait Observable[T]:
  ...
  def observeOn(schedule: Scheduler): Observable[T]
```

- `Subscription.cancel()` muss synchronisiert sein.

Hot vs. Cold Streams

- **Hot Observables** schicken allen Observern die gleichen Werte zu den gleichen Zeitpunkten.

  z.B. Maus Klicks

- **Cold Observables** fangen erst an Werte zu produzieren, wenn man ihnen zuhört. Für jeden Observer von vorne.

  z.B. `Observable.from(Seq(1,2,3))`

Observables Bibliotheken

- Observables sind eine Idee von Eric Meijer
- Bei Microsoft als .net *Reactive Extension* (Rx) enstanden
- Viele Implementierungen für verschiedene Platformen
  - RxJava, RxScala, RxClosure (Netflix)
  - RxPY, RxJS, ... (ReactiveX)
- Vorteil: Elegante Abstraktion, Performant
- Nachteil: Push-Modell ohne Bedarfsrückkopplung

Zusammenfassung

- Futures sind dual zu Try
- Observables sind dual zu Iterable
- Observables abstrahieren viele Nebenläufigkeitsprobleme weg:

  Außen **funktional** (Hui) - Innen **imperativ** (Pfui)
- Nächstes mal: **Back Pressure** und noch mehr reaktive Ströme