

Reaktive Programmierung  
Vorlesung 15 vom 06.07.15: Robustheit und Entwurfsmuster

Christoph Lüth & Martin Ring

Universität Bremen

Sommersemester 2015

# Fahrplan

- ▶ Teil I: Grundlegende Konzepte
- ▶ Teil II: Nebenläufigkeit
- ▶ Teil III: Fortgeschrittene Konzepte
  - ▶ Bidirektionale Programmierung: Zippers and Lenses
  - ▶ Eventual Consistency
  - ▶ Robustheit, Entwurfsmuster
  - ▶ Theorie der Nebenläufigkeit

# Organisatorisches

Die nächste Übung (9. Juli) **fällt aus**

Fragen zum Übungsblatt gerne während und nach der Vorlesung

# Rückblick: Konsistenz

- ▶ Strikte Konsistenz in verteilten Systemen nicht erreichbar
- ▶ Strong Eventual Consistency
  - ▶ Wenn **längere Zeit** keine Änderungen stattgefunden haben befinden sich schließlich alle Knoten im **gleichen Zustand**.
  - ▶ Wenn zwei Knoten die **gleiche Menge** Updates beobachten befinden sie sich im **gleichen Zustand**.
- ▶ Conflict-Free replicated Data Types:
  - ▶ Zustandsbasiert: CvRDTs
  - ▶ Operationsbasiert: CmRDTs
- ▶ Operational Transformation
  - ▶ Strong Eventual Consistency auch ohne kommutative Operationen

# Robustheit in verteilten Systemen

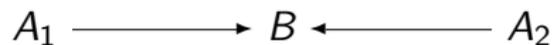
Lokal:

- ▶ Nachrichten gehen nicht verloren
- ▶ Aktoren können abstürzen - Lösung: Supervisor

Verteilt:

- ▶ Nachrichten können verloren gehen
- ▶ Teilsysteme können abstürzen
  - ▶ Hardware-Fehler
  - ▶ Stromausfall
  - ▶ Geplanter Reboot (Updates)
  - ▶ Naturkatastrophen / Höhere Gewalt
  - ▶ Software-Fehler

# Zwei-Armeen-Problem

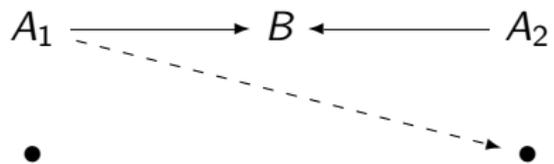


- ▶ Zwei Armeen  $A_1$  und  $A_2$  sind jeweils zu klein um gegen den Feind  $B$  zu gewinnen.
- ▶ Daher wollen sie sich über einen Angriffszeitpunkt absprechen.

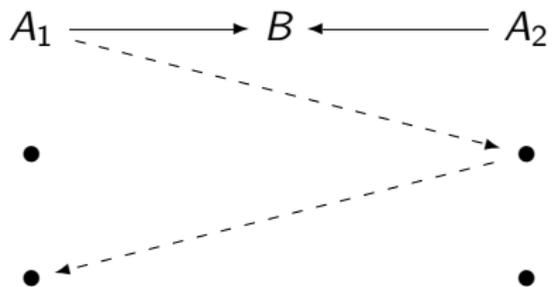
# Zwei-Armeen-Problem



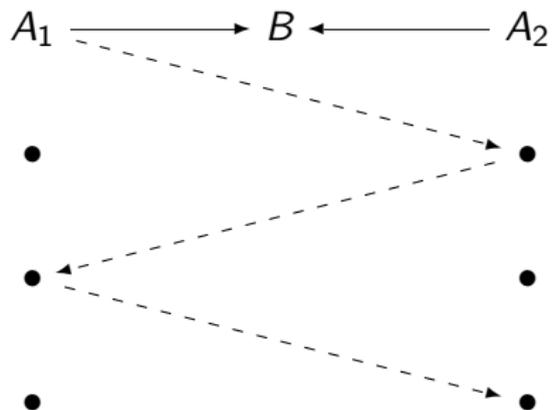
# Zwei-Armeen-Problem



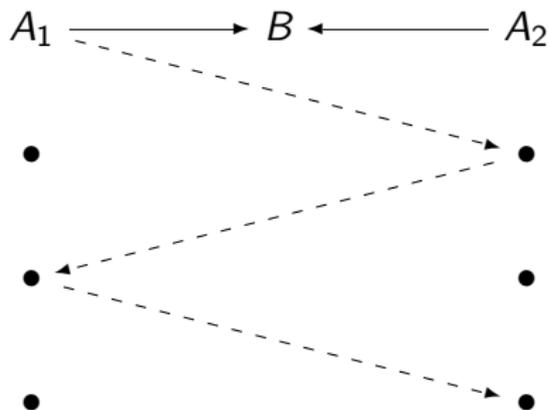
# Zwei-Armeen-Problem



# Zwei-Armeen-Problem



# Zwei-Armeen-Problem



- ▶ Unlösbar – Wir müssen damit leben!

# Unsichere Kanäle

- ▶ Unsichere Kanäle sind ein generelles Problem der Netzwerktechnik
- ▶ Lösungsstrategien:
  - ▶ Redundanz – Nachrichten mehrfach schicken
  - ▶ Indizierung – Nachrichten numerieren
  - ▶ Timeouts – Nicht ewig auf Antwort warten
  - ▶ Heartbeats – Regelmäßige „Lebenszeichen“
- ▶ Beispiel: TCP
  - ▶ Drei-Wege Handschlag
  - ▶ Indizierte Pakete

# Gossiping

$N_1$

$N_2$

$N_3$

$N_4$

$N_5$

$N_6$

$N_7$

$N_8$

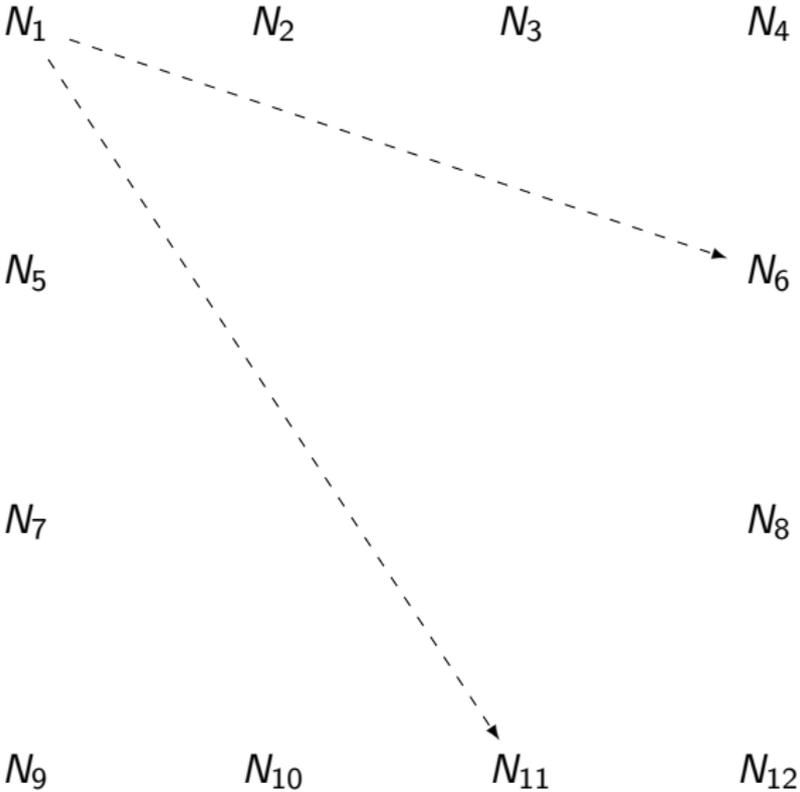
$N_9$

$N_{10}$

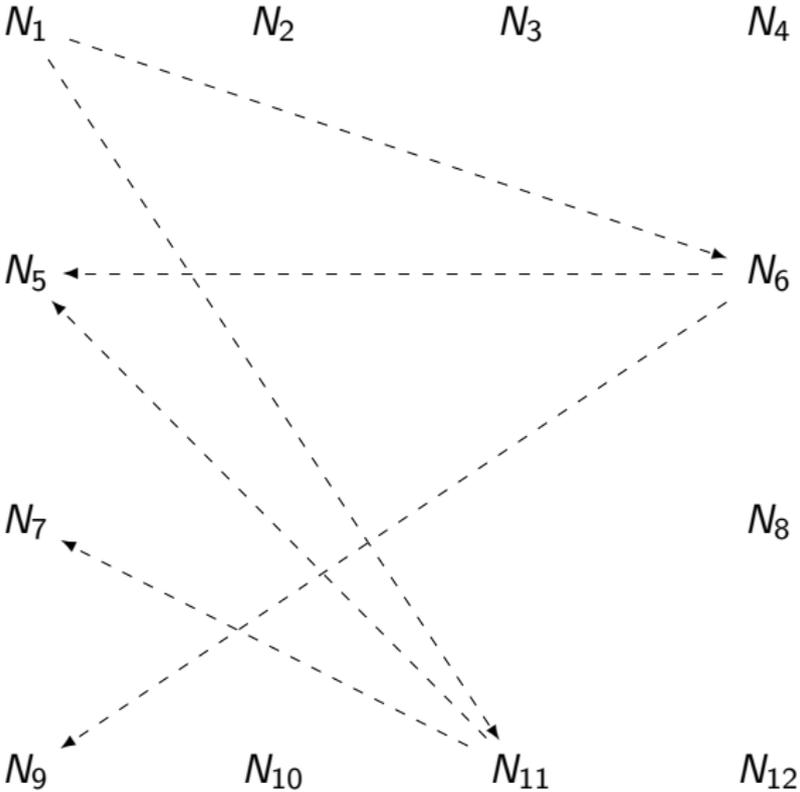
$N_{11}$

$N_{12}$

# Gossiping



# Gossiping

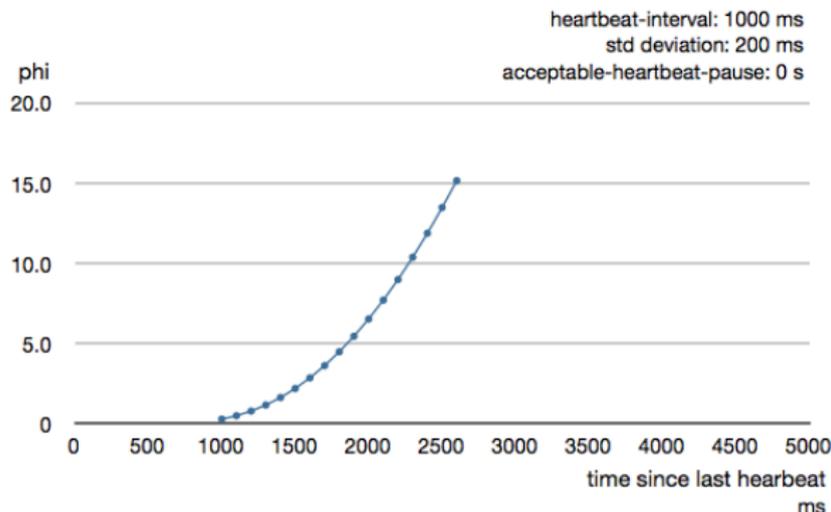


# Gossiping

- ▶ Jeder Knoten verbreitet Informationen periodisch weiter an zufällige weitere Knoten
- ▶ Funktioniert besonders gut mit CvRDTs
  - ▶ Nachrichtenverlust unkritisch
- ▶ Anwendungen
  - ▶ Ereignis-Verteilung
  - ▶ Datenabgleich
  - ▶ Anti-entropy Protokolle
  - ▶ Aggregate, Suche

# Heartbeats

- ▶ Kleine Nachrichten in regelmäßigen Abständen
- ▶ Standardabweichung kann dynamisch berechnet werden
- ▶  $\Phi = -\log_{10}(1 - F(\text{timeSinceLastHeartbeat}))$



# Akka Clustering

- ▶ Verteiltes Aktorsystem
  - ▶ Infrastruktur wird über gossiping Protokoll geteilt
  - ▶ Ausfälle werden über Heartbeats erkannt
- ▶ **Sharding**: Horizontale Verteilung der Ressourcen
  - ▶ In Verbindung mit Gossiping mächtig

## (Anti-)Patterns: Request/Response

- ▶ Problem: Warten auf eine Antwort — Benötigt einen Kontext der die Antwort versteht
- ▶ Pragmatische Lösung: Ask-Pattern

```
import akka.patterns.ask
```

```
(otherActor ? Request) map {  
  case Response => //  
}
```

- ▶ Eignet sich nur für sehr einfache Szenarien
- ▶ Lösung: Neuer Aktor für jeden Response Kontext

## (Anti-)Patterns: Nachrichten

- ▶ Nachrichten sollten **typisiert** sein

```
otherActor ! "add 5 to your local state" // NO
otherActor ! Modify(_ + 5) // YES
```

- ▶ Nachrichten dürfen **nicht** veränderlich sein!

```
val state: scala.collection.mutable.Buffer
otherActor ! Include(state) // NO
otherActor ! Include(state.toList) // YES
```

- ▶ Nachrichten dürfen **keine Referenzen** auf veränderlichen Zustand enthalten

```
var state = 7
otherActor ! Modify(_ + state) // NO
val stateCopy = state
otherActor ! Modify(_ + stateCopy) // YES
```

## (Anti-)Patterns: State-Leaks

- ▶ Lokaler Zustand darf auf keinen Fall “auslaufen”!

```
var state = 0
```

```
(otherActor ? Request) map { case Response => sender !  
    RequestComplete }
```

## (Anti-)Patterns: State-Leaks

- ▶ Lokaler Zustand darf auf keinen Fall “auslaufen”!

```
var state = 0
(otherActor ? Request) map { case Response => sender !
    RequestComplete }
```

- ▶ Besser?

```
(otherActor ? Request) map { case Response =>
    state += 1; RequestComplete
} pipeTo sender
```

## (Anti-)Patterns: State-Leaks

- ▶ Lokaler Zustand darf auf keinen Fall “auslaufen”!

```
var state = 0
(otherActor ? Request) map { case Response => sender !
    RequestComplete }
```

- ▶ Besser?

```
(otherActor ? Request) map { case Response =>
    state += 1; RequestComplete
} pipeTo sender
```

- ▶ So geht's!

```
(otherActor ? Request) map { case Response =>
    self ! IncState
    RequestComplete
} pipeTo sender
```

## (Anti-)Patterns: Single-Responsibility

- ▶ Problem: Fehler in Komplexen Aktoren sind kaum behandelbar

```
var interestDivisor = initial

def receive = {
  case Divide(dividend, divisor) =>
    sender ! Quotient(dividend / divisor)
  case CalculateInterest(amount) =>
    sender ! Interest(amount / interestDivisor)
  case AlterInterest(by) =>
    interestDivisor += by
}
```

## (Anti-)Patterns: Single-Responsibility

- ▶ Problem: Fehler in Komplexen Aktoren sind kaum behandelbar

```
var interestDivisor = initial
```

```
def receive = {  
  case Divide(dividend, divisor) =>  
    sender ! Quotient(dividend / divisor)  
  case CalculateInterest(amount) =>  
    sender ! Interest(amount / interestDivisor)  
  case AlterInterest(by) =>  
    interestDivisor += by  
}
```

- ▶ Welche Strategie bei DivByZeroException?

## (Anti-)Patterns: Single-Responsibility

- ▶ Problem: Fehler in Komplexen Aktoren sind kaum behandelbar

```
var interestDivisor = initial
```

```
def receive = {  
  case Divide(dividend, divisor) =>  
    sender ! Quotient(dividend / divisor)  
  case CalculateInterest(amount) =>  
    sender ! Interest(amount / interestDivisor)  
  case AlterInterest(by) =>  
    interestDivisor += by  
}
```

- ▶ Welche Strategie bei DivByZeroException?
- ▶ Ein Aktor sollte immer nur **eine** Aufgabe haben!

# (Anti-)Patterns: Akteur-Beziehungen

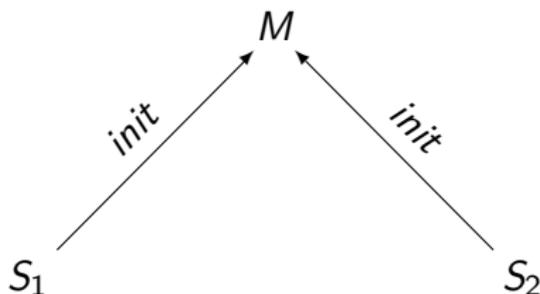
*M*

*S<sub>1</sub>*

*S<sub>2</sub>*

- ▶ Problem: Wer registriert sich bei wem in einer Master-Slave-Hierarchie?

## (Anti-)Patterns: Aktor-Beziehungen



- ▶ Problem: Wer registriert sich bei wem in einer Master-Slave-Hierarchie?
- ▶ Slaves sollten sich beim Master registrieren!
  - ▶ Flexibel / Dynamisch
  - ▶ Einfachere Konfiguration in verteilten Systemen

# (Anti-)Patterns: Aufgabenverteilung

- ▶ Problem: Nach welchen Regeln soll die Aktorhierarchie aufgebaut werden?

# (Anti-)Patterns: Aufgabenverteilung

- ▶ Problem: Nach welchen Regeln soll die Aktorhierarchie aufgebaut werden?
- ▶ **Wichtige** Informationen und zentrale Aufgaben sollten möglichst nah an der Wurzel sein.
- ▶ **Gefährliche** bzw. unsichere Aufgaben sollten immer Kindern übertragen werden.

## (Anti-)Patterns: Zustandsfreie Aktoren

- ▶ Ein Aktor ohne Zustand

```
class Calculator extends Actor {  
  def receive = {  
    case Divide(x,y) => sender ! Result(x / y)  
  }  
}
```

## (Anti-)Patterns: Zustandsfreie Aktoren

- ▶ Ein Aktor ohne Zustand

```
class Calculator extends Actor {  
  def receive = {  
    case Divide(x,y) => sender ! Result(x / y)  
  }  
}
```

- ▶ Ein Fall für Käpt'n Future!

```
class UsesCalculator extends Actor {  
  def receive = {  
    case Calculate(Divide(x,y)) =>  
      Future(x/y) pipeTo self  
    case Result(x) =>  
      println("Got it: " + x)  
  }  
}
```

## (Anti-)Pattern: Initialisierung

- ▶ Problem: Akteur benötigt Informationen bevor er mit der eigentlichen Arbeit loslegen kann

## (Anti-)Pattern: Initialisierung

- ▶ Problem: Akteur benötigt Informationen bevor er mit der eigentlichen Arbeit loslegen kann
- ▶ Lösung: Parametrisierter Zustand

```
class Robot extends Actor {  
  def receive = uninitialized  
  def uninitialized: Receive = {  
    case Init(pos,power) =>  
      context.become(initialized(pos,power))  
  }  
  def initialized(pos: Point, power: Int): Receive = {  
    case Move(North) =>  
      context.become(initialized(pos + (0,1), power - 1))  
  }  
}
```

## (Anti-)Patterns: Kontrollnachrichten

- ▶ Problem: Akteur mit mehreren Zuständen behandelt bestimmte Nachrichten in jedem Zustand gleich

## (Anti-)Patterns: Kontrollnachrichten

- ▶ Problem: Akteur mit mehreren Zuständen behandelt bestimmte Nachrichten in jedem Zustand gleich
- ▶ Lösung: Verkettete partielle Funktionen

```
class Obstacle extends Actor {  
  def rejectMoveTo: Receive = {  
    case MoveTo => sender ! Reject  
  }  
  def receive = uninitialized orElse rejectMoveTo  
  def uninitialized: Receive = ...  
  def initialized: Receive = ...  
}
```

## (Anti-)Patterns: Circuit Breaker

- ▶ Problem: Wir haben eine elastische, reaktive Anwendung aber nicht genug Geld um eine unbegrenzt große Server Farm zu betreiben.
- ▶ Lösung: Bei Überlastung sollten Anfragen nicht mehr verarbeitet werden.

```
class DangerousActor extends Actor with ActorLogging {  
  val breaker =  
    new CircuitBreaker(context.system.scheduler,  
      maxFailures = 5,  
      callTimeout = 10.seconds,  
      resetTimeout = 1.minute).onOpen(notifyMeOnOpen())  
  
  def notifyMeOnOpen(): Unit =  
    log.warning("My CircuitBreaker is now open, and  
      will not close for one minute")  
}
```

## (Anti)-Patterns: Message Transformer

```
class MessageTransformer(from: ActorRef, to: ActorRef,  
  transform: PartialFunction[Any,Any]) extends Actor {  
  
  def receive = {  
    case m => to forward transform(m)  
  }  
}
```

# Weitere Patterns

- ▶ Lange Aufgaben unterteilen
- ▶ Aktor Systeme sparsam erstellen
- ▶ Futures sparsam einsetzen
- ▶ `Await.result()` **nur** bei Interaktion mit Nicht-Aktor-Code
- ▶ Dokumentation Lesen!

# Zusammenfassung

- ▶ Nachrichtenaustausch in verteilten Systemen ist unzuverlässig
- ▶ Zwei Armeen Problem
- ▶ Lösungsansätze
  - ▶ Drei-Wege Handschlag
  - ▶ Nachrichtennummerierung
  - ▶ Heartbeats
  - ▶ Gossiping Protokolle
- ▶ Patterns und Anti-Patterns
- ▶ Nächstes mal: Theorie der Nebenläufigkeit