Reaktive Programmierung
Vorlesung 15 vom 03.07.19
Robustheit und Entwurfsmuster

Christoph Lüth, Martin Ring

Universität Bremen

Sommersemester 2019

Fahrplan

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

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:

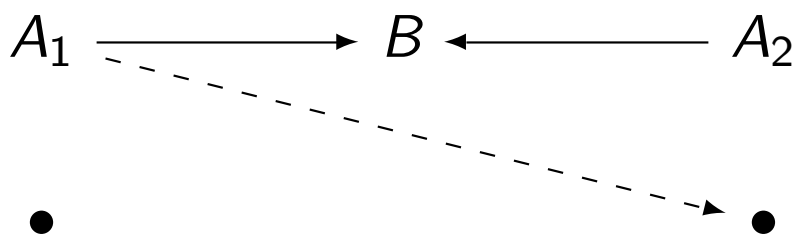
- Nachrichten können verloren gehen
- Teilsysteme können abstürzen
  - Hardware-Fehler
  - Stromausfall
  - Geplanter Reboot (Updates)
  - Naturkatastrophen / Höhere Gewalt
  - Software-Fehler

Zwei-Armeen-Problem

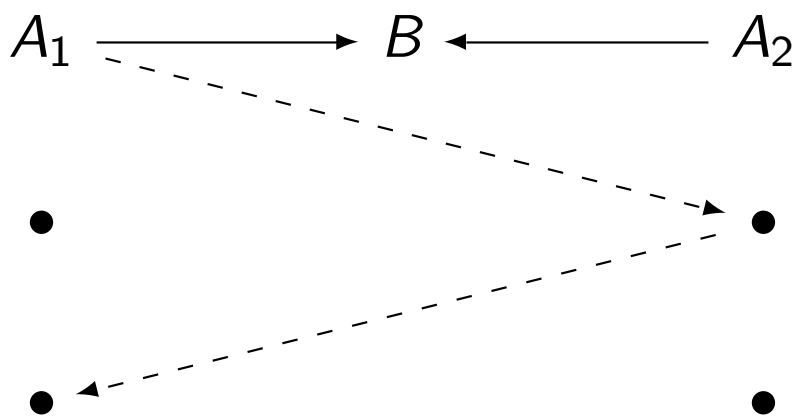
- Zwei Armeen A_1 und A_2 sind jeweils zu klein um gegen den Feind B zu gewinnen.
- Daher wollen sie sich über einen Angriffszeitpunkt absprechen.

Zwei-Armeen-Problem

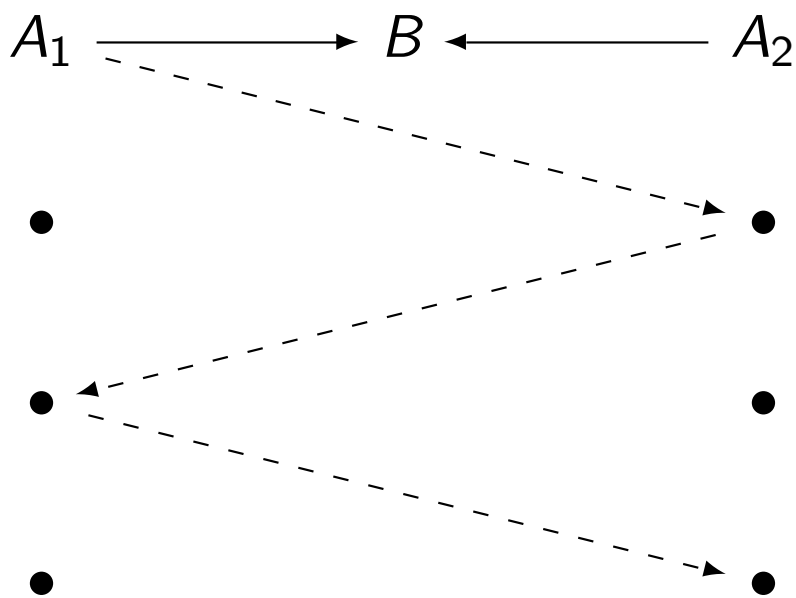
Zwei-Armeen-Problem



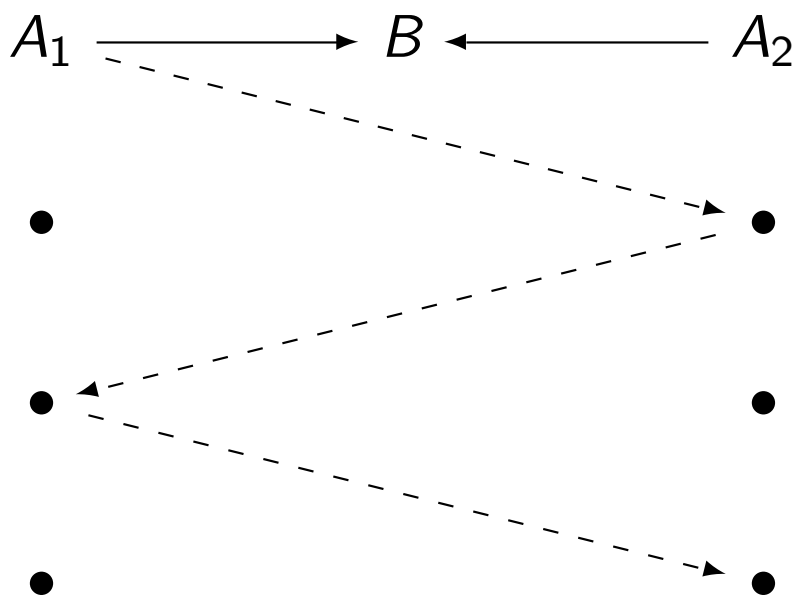
Zwei-Armeen-Problem



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

Gossipping

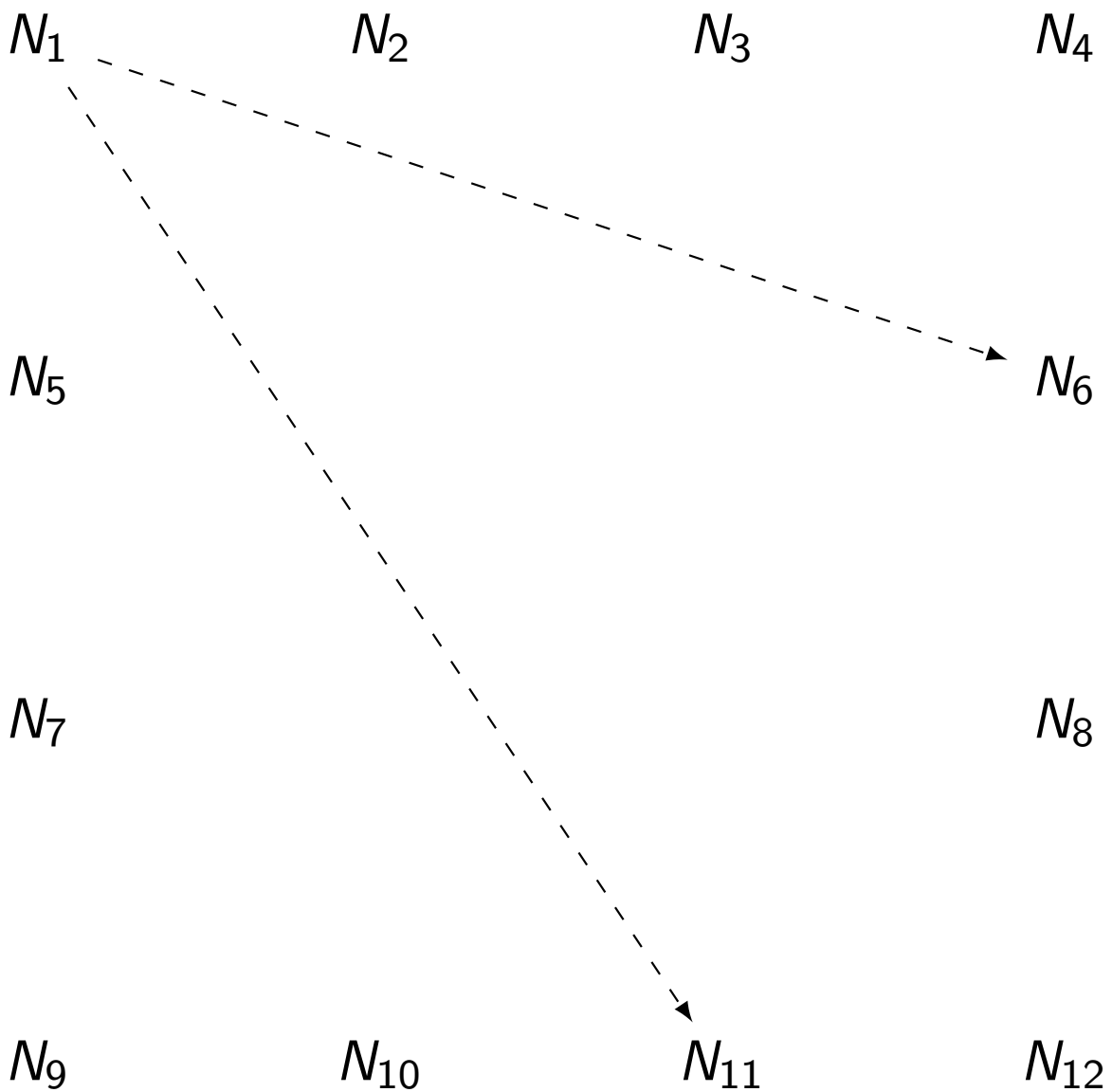
N_1 N_2 N_3 N_4

N_5 N_6

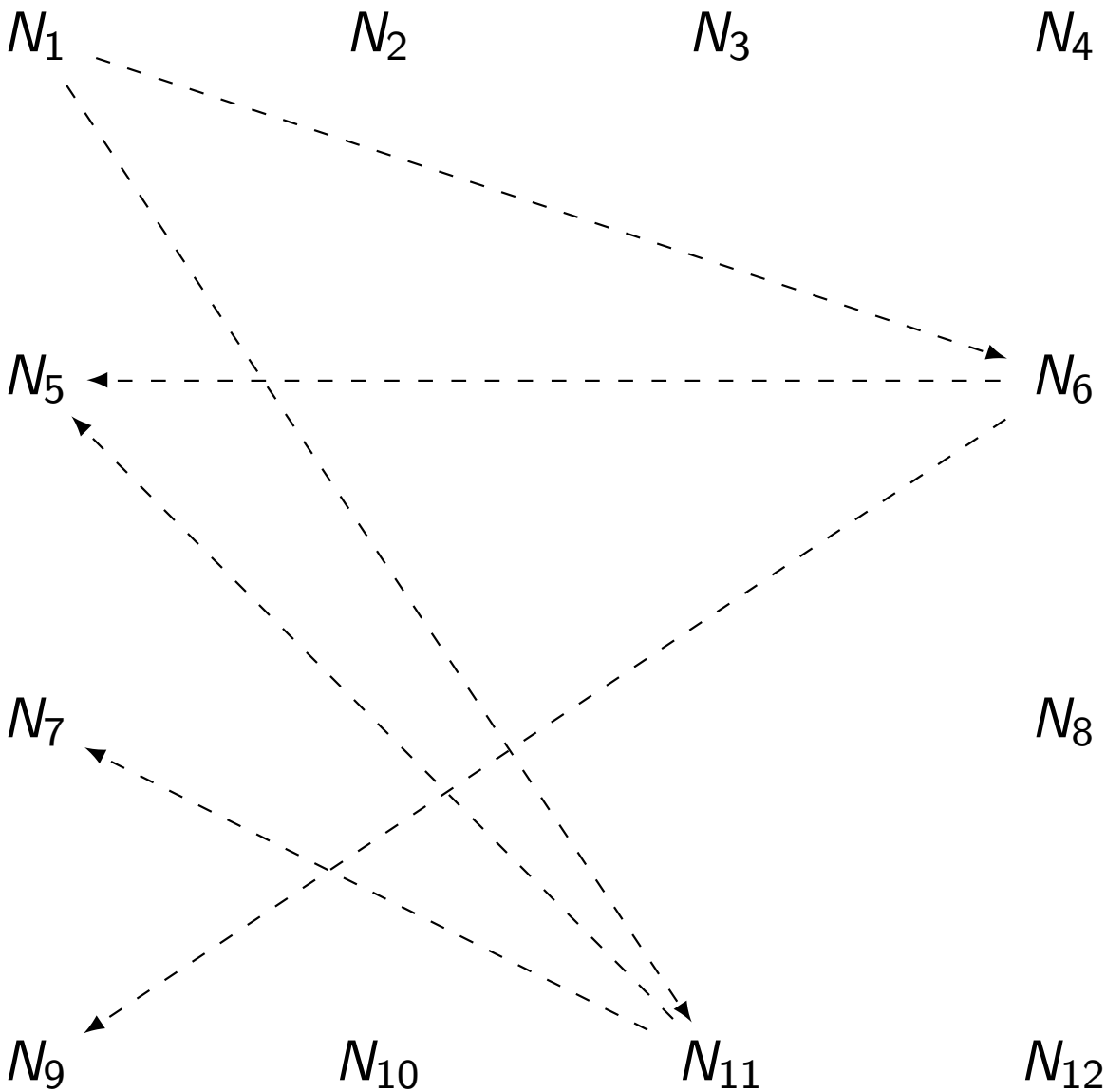
N_7 N_8

N_9 N_{10} N_{11} N_{12}

Gossipping



Gossipping

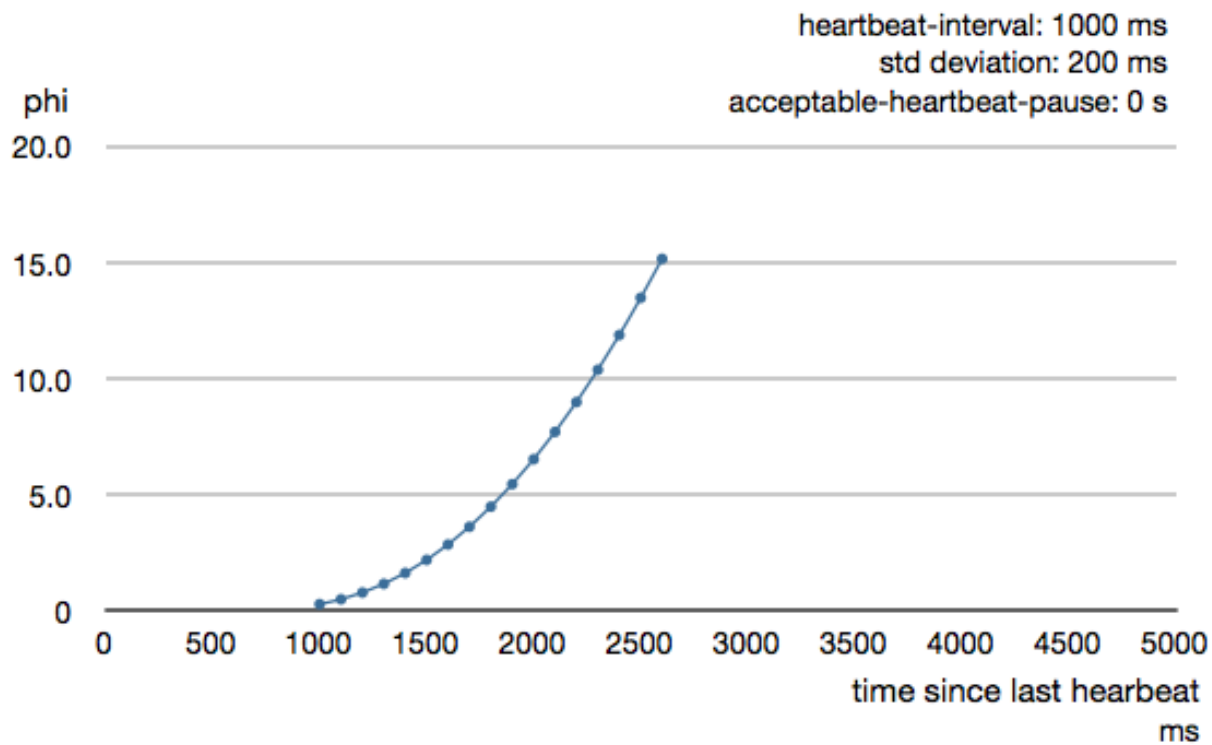


Gossipping

- 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
- $\Phi = -log_{10}(1 - F(timeSinceLastHeartbeat))$



Akka Clustering

- Verteiltes Aktorsystem
  - Infrastruktur wird über gossipping Protokoll geteilt
  - Ausfälle werden über Heartbeats erkannt
- **Sharding**: Horizontale Verteilung der Resourcen
  - In Verbindung mit Gossipping 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

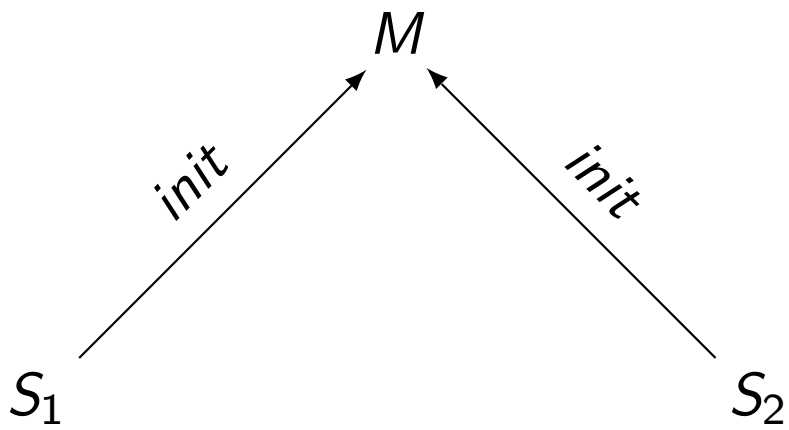
```
var interestDivisor = initial

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: Aktor-Beziehungen

- 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⊗ =>
      println("Got it: " +x)
  }
}
```

(Anti-)Pattern: Initialisierung

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

(Anti-)Pattern: Initialisierung

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

(Anti-)Patterns: Kontrollnachrichten

- Problem: Aktor 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
  - Gossipping Protokolle
- Patterns und Anti-Patterns
- Nächstes mal: Theorie der Nebenläufigkeit