Praktische Informatik 3: Funktionale Programmierung
Vorlesung 13 vom 24.01.17: Scala — Eine praktische Einführung

Christoph Lüth

Universität Bremen

Wintersemester 2016/17

Fahrplan

- Teil I: Funktionale Programmierung im Kleinen
- Teil II: Funktionale Programmierung im Großen
- Teil III: Funktionale Programmierung im richtigen Leben
  - Aktionen und Zustände
  - Monaden als Berechnungsmuster
  - Domänenspezifische Sprachen (DSLs)
  - Scala — Eine praktische Einführung
  - Rückblich & Ausblick

Organisatorisches

- Anmeldung zu den Fachgesprächen ab sofort möglich
  - Unter `stud.ip`, Reiter „Terminvergabe“
- Nächste Woche noch mehr zu den Fachgesprächen
- Es gibt eine Liste mit Übungsfragen (auf der Homepage, unter Übungsblätter)

Heute: Scala

- A scalable language
- Rein objektorientiert
- Funktional
- Eine "JVM-Sprache"
- Seit 2004 von Martin Odersky, EPFL Lausanne (`http://www.scala-lang.org/`).
- Seit 2011 kommerziell durch Lightbend Inc. (formerly Typesafe)

Scala am Beispiel: `01-GCD.scala`

Was sehen wir hier?

```
def gcdLoop(x: Long, y: Long): Long = {
    var a = x
    var b = y
    while (a != 0) {
      val temp = a
      a = b % a
      b = temp
    }
    return b
  }

def gcd(x: Long, y: Long): Long =
  if (y == 0) x else gcd (y, x % y)
```

Scala am Beispiel: `01-GCD.scala`

Was sehen wir hier?

```
def gcdLoop(x: Long, y: Long): Long = {
    var a = x
    var b = y
    while (a != 0) {
      val temp = a
      a = b % a
      b = temp
    }
    return b
  }

def gcd(x: Long, y: Long): Long =
  if (y == 0) x else gcd (y, x % y)
```

- Variablen, veränderlich (**var**)
- Werte, unveränderlich (**val**)
- **while**-Schleifen
- Rekursion
  - Endrekursion wird optimiert
- Typinferenz
  - Mehr als Java, weniger als Haskell
- Interaktive Auswertung

Scala am Beispiel: `01-GCD.scala`

Was sehen wir hier?

```
def gcdLoop(x: Long, y: Long): Long = {
    var a = x
    var b = y
    while (a != 0) {
      val temp = a
      a = b % a
      b = temp
    }
    return b
  }

def gcd(x: Long, y: Long): Long =
  if (y == 0) x else gcd (y, x % y)
```

- Variablen, veränderlich (**var**)
  - *Mit Vorsicht benutzen!*
- Werte, unveränderlich (**val**)
- **while**-Schleifen

- Rekursion
  - Endrekursion wird optimiert
- Typinferenz
  - Mehr als Java, weniger als Haskell
- Interaktive Auswertung

Scala am Beispiel: `01-GCD.scala`

Was sehen wir hier?

```
def gcdLoop(x: Long, y: Long): Long = {
    var a = x
    var b = y
    while (a != 0) {
      val temp = a
      a = b % a
      b = temp
    }
    return b
  }

def gcd(x: Long, y: Long): Long =
  if (y == 0) x else gcd (y, x % y)
```

- Variablen, veränderlich (**var**)
  - *Mit Vorsicht benutzen!*
- Werte, unveränderlich (**val**)
- **while**-Schleifen
  - *Unnötig!*
- Rekursion
  - Endrekursion wird optimiert
- Typinferenz
  - Mehr als Java, weniger als Haskell
- Interaktive Auswertung

Scala am Beispiel: 02-Rational-1.scala

Was sehen wir hier?

```
class Rational(n: Int, d: Int) {

  require(d != 0)

  private val g = gcd(n.abs, d.abs)
  val numer = n / g
  val denom = d / g

  def this(n: Int) = this(n, 1)

  def add(that: Rational): Rational =
    new Rational(
      numer * that.denom + that.numer *
          denom,
      denom * that.denom
    )

  override def toString = numer +"/"+ denom

  private def gcd(a: Int, b: Int): Int =
    if (b == 0) a else gcd(b, a % b)
}
```

Scala am Beispiel: `02-Rational-1.scala`

Was sehen wir hier?

```
class Rational(n: Int, d: Int) {

  require(d != 0)

  private val g = gcd(n.abs, d.abs)
  val numer = n / g
  val denom = d / g

  def this(n: Int) = this(n, 1)

  def add(that: Rational): Rational =
    new Rational(
      numer * that.denom + that.numer *
          denom,
      denom * that.denom
    )

  override def toString = numer +"/"+ denom

  private def gcd(a: Int, b: Int): Int =
    if (b == 0) a else gcd(b, a % b)
}
```

- Klassenparameter
- Konstruktoren (**this**)
- Klassenvorbedingungen (require)
- private Werte und Methoden
- Methoden, Syntax für Methodenanwendung
- **override** (nicht optional)
- Overloading
- Operatoren
- Companion objects (**object**)

Algebraische Datentypen: `03-Expr.scala`

Was sehen wir hier?

```
abstract class Expr
  case class Var(name: String) extends Expr
  case class Number(num: Double) extends Expr
  case class UnOp(operator: String, arg: Expr)
      extends Expr
  case class BinOp(operator: String,
      left: Expr, right: Expr) extends Expr
```

```
def eval(expr: Expr): Double = expr match {
   case v: Var ⇒ 0     // Variables evaluate to 0
   case Number(x) ⇒ x
   case BinOp("+", e1, e2) ⇒ eval(e1) + eval(e2)
   case BinOp("*", e1, e2) ⇒ eval(e1) * eval(e2)
   case UnOp("-", e) ⇒ - eval(e)
   }

val e = BinOp("*", Number(12),
          UnOp("-", BinOp("+", Number(2.3),
                       Number(3.7))))
```

Algebraische Datentypen: 03-Expr.scala

Was sehen wir hier?

```
abstract class Expr
  case class Var(name: String) extends Expr
  case class Number(num: Double) extends Expr
  case class UnOp(operator: String, arg: Expr)
      extends Expr
  case class BinOp(operator: String,
      left: Expr, right: Expr) extends Expr
```

```
def eval(expr: Expr): Double = expr match {
   case v: Var ⇒ 0     // Variables evaluate to 0
   case Number(x) ⇒ x
   case BinOp("+", e1, e2) ⇒ eval(e1) + eval(e2)
   case BinOp("*", e1, e2) ⇒ eval(e1) * eval(e2)
   case UnOp("-", e) ⇒ - eval(e)
   }

val e = BinOp("*", Number(12),
          UnOp("-", BinOp("+", Number(2.3),
                       Number(3.7))))
```

- **case class** erzeugt
  - Factory-Methode für Konstruktoren
  - Parameter als implizite **val**
  - abgeleitete Implementierung für toString, equals
  - ...und pattern matching (**match**)
- Pattern sind
  - **case** 4 ⇒ Literale
  - **case** C(4) ⇒ Konstruktoren
  - **case** C(x) ⇒ Variablen
  - **case** C(_) ⇒ Wildcards
  - **case** x: C ⇒ getypte pattern
  - **case** C(D(x: T, y), 4) ⇒ geschachtelt

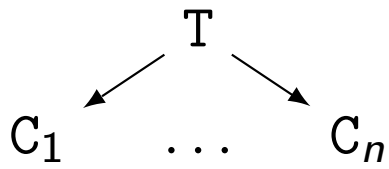
Implementierung algebraischer Datentypen

Haskell:

```
data T = C1 | ... | Cn
```

- Ein Typ `T`
- Konstruktoren erzeugen Datentyp

Scala:



- Varianten als Subtypen
- Problem und Vorteil:

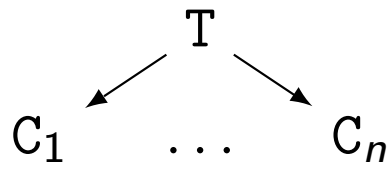
Implementierung algebraischer Datentypen

Haskell:

```
data T = C1 | ... | Cn
```

- Ein Typ `T`
- Konstruktoren erzeugen Datentyp

Scala:



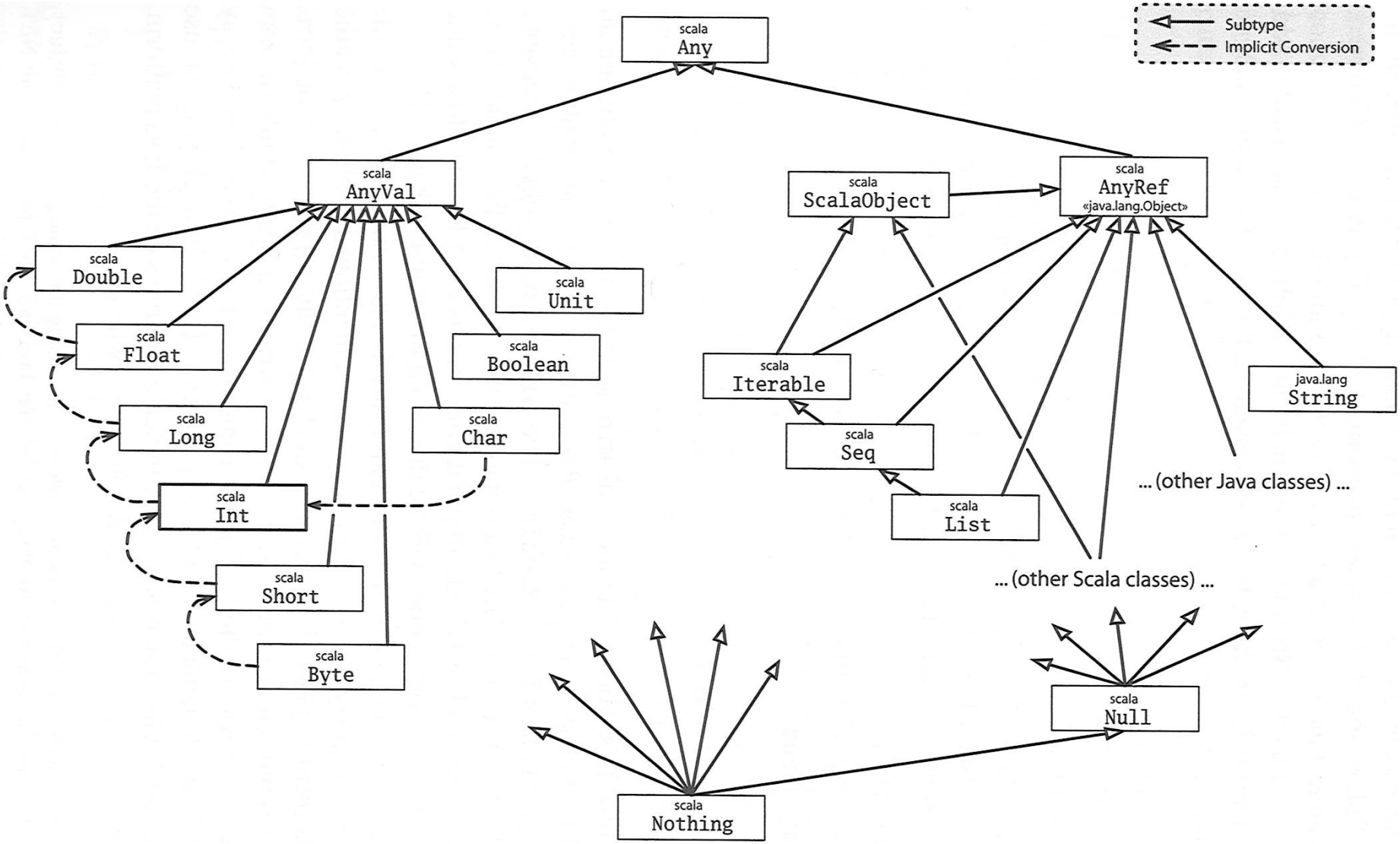
- Varianten als Subtypen
- Problem und Vorteil: Erweiterbarkeit
- **sealed** verhindert Erweiterung

Das Typsystem

Das Typsystem behebt mehrere Probleme von Java:

- Werte vs. Objekte
- Scala vs. Java
- NULL references

Vererbungshierarchie



Quelle: Odersky, Spoon, Venners: *Programming in Scala*

Parametrische Polymorphie

- Typparameter (wie in Haskell, Generics in Java), Bsp. $\mathsf{List}\,[\mathsf{T}]$
- Problem: Vererbung und Polymorphie
- Ziel: wenn $\mathsf{S} < \mathsf{T}$, dann $\mathsf{List}\,[\mathsf{S}] < \mathsf{List}\,[\mathsf{T}]$
- Does not work — `04-Ref.hs`

Parametrische Polymorphie

- Typparameter (wie in Haskell, Generics in Java), Bsp. List [T]
- Problem: Vererbung und Polymorphie
- Ziel: wenn S $<$ T, dann List [S] $<$ List [T]
- Does not work — `04-Ref.hs`
- Warum?
  - Funktionsraum nicht monoton im ersten Argument
  - Sei $X \subseteq Y$, dann $Z \longrightarrow X \subseteq Z \longrightarrow Y$, aber $X \longrightarrow Z \not\subseteq Y \longrightarrow Z$
  - Sondern $Y \longrightarrow Z \subseteq X \longrightarrow Z$

Typvarianz

class C[+T]

- Kovariant
- Wenn S $<$ T, dann C[S] $<$ C[T]
- Parametertyp T nur im Wertebereich von Methoden

class C[T]

- Rigide
- Kein Subtyping
- Parametertyp T kann beliebig verwendet werden

class C[−T]

- Kontravariant
- Wenn S $<$ T, dann C[T] $<$ C[S]
- Parametertyp T nur im Definitionsbereich von Methoden

Beispiel:

```
class Function[−S, +T] {
  def apply(x:S) : T
  }
```

Traits: `05-Funny.scala`

Was sehen wir hier?

- Trait (Mix-ins): abstrakte Klassen, Interfaces; Haskell: Typklassen
- „Abstrakte Klassen ohne Konstruktur“
- Unterschied zu Klassen:
  - Mehrfachvererbung möglich
  - Keine feste Oberklasse (**super** dynamisch gebunden)
  - Nützlich zur Strukturierung (Aspektorientierung)
- Nützlich zur Strukturierung:

$$\textit{thin interface} + \textit{trait} = \textit{rich interface}$$

Beispiel: `05-Ordered.scala`, `05-Rational.scala`

More Traits

- Ad-Hoc Polymorphie mit Traits
- Typklasse:

```
trait Show[T] {
  def show(value: T): String
}
```

- Instanz:

```
implicit object ShowInt extends Show[Int] {
  def show(value: Int) = value.toString
}
```

- In Aktion:

```
def print[T](value: T)(implicit show: Show[T])= {
  println(show.show(value));
}
```

Was wir ausgelassen haben...

- Komprehension (nicht nur für Listen)
- Gleichheit: == (final), equals (nicht final), eq (Referenzen)
- Implizite Parameter und Typkonversionen
- Nebenläufigkeit (Aktoren, Futures)
- Typsichere Metaprogrammierung
- Das *simple build tool* sbt
- Der JavaScript-Compiler scala.js

Schlammschlacht der Programmiersprachen

	Haskell	Scala	Java
Klassen und Objekte	-	+	+
Funktionen höherer Ordnung	+	+	-
Typinferenz	+	(+)	-
Parametrische Polymorphie	+	+	+
Ad-hoc-Polymorphie	+	+	-
Typsichere Metaprogrammierung	+	+	-

Alle: Nebenläufigkeit, Garbage Collection, FFI

Scala — Die Sprache

- Objekt-orientiert:
  - Veränderlicher, gekapselter Zustand
  - Subtypen und Vererbung
  - Klassen und Objekte
- Funktional:
  - Unveränderliche Werte
  - Parametrische und Ad-hoc Polymorphie
  - Funktionen höherer Ordnung
  - Hindley-Milner Typinferenz

Beurteilung

- Vorteile:
  - Funktional programmieren, in der Java-Welt leben
  - Gelungene Integration funktionaler und OO-Konzepte
  - Sauberer Sprachentwurf, effiziente Implementierung, reiche Büchereien
- Nachteile:
  - Manchmal etwas zu viel
  - Entwickelt sich ständig weiter
  - One-Compiler-Language, vergleichsweise langsam
- Mehr Scala?
  - Besuchen Sie auch Reaktive Programmierung (SoSe 2017)