Praktische Informatik 3: Funktionale Programmierung
Vorlesung 13 vom 22.01.19: Scala — Eine praktische Einführung

Christoph Lüth

Universität Bremen

Wintersemester 2018/19

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 zur E-Klausur: ab Mitte der Woche
- Evaluation der Veranstaltung auf stud.ip: **bitte teilnehmen!**

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)
```

- 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)
}
```

- 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 Num (num: Double) extends Expr
case class Plus (left: Expr, right: Expr)
    extends Expr
case class Minus (left: Expr, right: Expr)
    extends Expr
case class Times (left: Expr, right: Expr)
    extends Expr
case class Div (left: Expr, right: Expr) extends
    Expr
```

```
// Evaluating an expression
def eval(expr: Expr): Double = expr match {
    case v: Var ⇒ 0     // Variables evaluate to 0
    case Num(x) ⇒ x
    case Plus(e1, e2) ⇒ eval(e1) + eval(e2)
    case Minus(e1, e2) ⇒ eval(e1) − eval(e2)
    case Times(e1, e2) ⇒ eval(e1) * eval(e2)
    case Div(e1, e2) ⇒ eval(e1) / eval(e2)
    }

val e = Times(Num(12), Plus(Num(2.3),Num(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

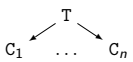
Implementierung algebraischer Datentypen

Haskell:

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

- Ein Typ T
- Konstruktoren erzeugen Datentyp

Scala:



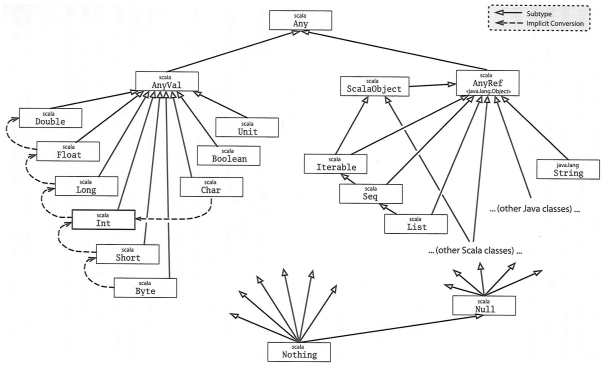
- Varianten als **Subtypen**
- Problem und Vorteil: **Erweiterbarkeit**
- **sealed** verhindert Erweiterung

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. 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
}
```

- Benutzung:

```
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)
- *string interpolation*
- **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)