Praktische Informatik 3: Einführung in die Funktionale Programmierung
Vorlesung vom 02.02.2011: The Next Big Thing — Scala

Christoph Lüth & Dennis Walter

Universität Bremen

Wintersemester 2010/11

Fahrplan

- Teil I: Funktionale Programmierung im Kleinen
- Teil II: Funktionale Programmierung im Großen
- Teil III: Funktionale Programmierung im richtigen Leben
  - Effizient Funktional Programmieren
  - Fallstudie: Kombinatoren
  - Eine Einführung in Scala
  - Rückblich & Ausblick

Scala

- A scalable language
- Multi-paradigm language: funktional + oobjektorientiert
- „*Lebt im Java-Ökosystem*“
- Martin Odersky, ETH Lausanne
- `http://www.scala-lang.org/`

Scala — Die Sprache

- Objekt-orientiert:
  - Veränderlicher, gekapselter Zustand
  - Klassen und Objekte
  - Subtypen und Vererbung
- Funktional:
  - Algebraische Datentypen
  - Unveränderliche Werte
  - Parametrische Polymorphie
  - Funktionen höherer Ordnung

Scala ist skalierbar

- „*A language that grows on you.*“
- Statt fertiger Sprache mit vielen Konstrukten Rahmenwerk zur Implementation eigener Konstrukte:
  - Einfache Basis
  - Flexible Syntax
  - Flexibles Typsystem
- Nachteil: Easy to learn but hard to master.
- Einfach zu benutzen:
  - Leichtgewichtig durch Typinferenz und Interpreter

Durchgängige Objektorientierung

- Alles in Scala ist ein Objekt
  - Keine primitiven Typen
- Operatoren sind Methoden
  - Beliebig überladbar
- Kein **static**, sondern Singleton-Objekte (**object**)
- Beispiel: `Rational.scala`

Werte

- Veränderliche Variablen **var**, unveränderliche Werte **val**
  - Zuweisung an Werte nicht erlaubt
- Dadurch unveränderliche Objekte $\longrightarrow$ referentielle Transparenz
- "Unreine" Sprache
- **lazy val**: wird nach Bedarf ausgewertet.
- Sonderbehandlung von Endrekursion für bessere Effizienz
  - Damit effiziente funktionale Programmierung möglich
- Beispiel: `Gcd.scala`

Funktionale Aspekte

- Listen mit pattern matching
- Funktionen höherer Ordnung
- Listenkomprehension
- Beispiel: `Queens.scala`

Algebraische Datentypen

- Case Classes
  - Konzise Syntax für Konstruktoren: factory methods, kein **new**
  - Parameter werden zu **val**-Feldern
  - Pattern Match mit Selektoren
- Disjunkte Vereinigung durch Vererbung
- Beispiel: `Expr.scala`

Algebraische Datentypen und Vererbung

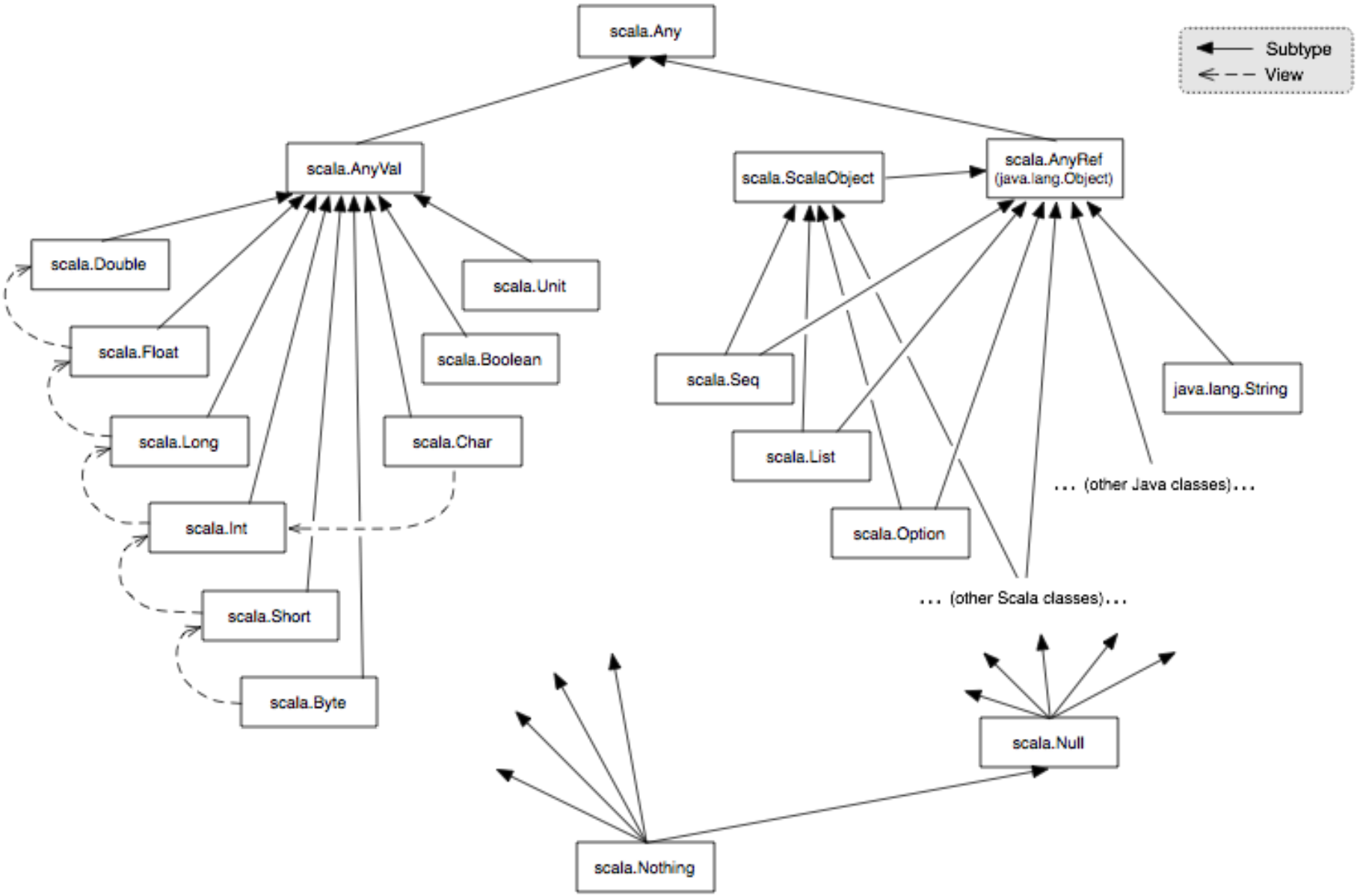
- Algebraische Datentypen können erweitert werden.
- Beispiel Expr:

```
case class UnOp(op: String, e: Expr) extends Expr
```

- Vorteil: flexibel
- Nachteil: Fehleranfällig
- Verbieten der Erweiterung: sealed classes

```
sealed abstract class Expr
  ...
```

Scala: Klassenhierarchie



Polymorphie und Subtypen

- Generische Typen (Scala) $\cong$ Parametrische Polymorphie (Haskell)
  - In Scala besser als in Java wegen Typinferenz
- Problem mit generischen Typen und Polymorphie: Varianz
  - Gegeben $\mathsf{List}\,[\mathsf{T}]$
  - Ist $\mathsf{List}\,[\mathsf{String}] < \mathsf{List}\,[\mathsf{AnyRef}]$?
  - Gilt das immer?

Polymorphie und Subtypen

- Generische Typen (Scala) $\cong$ Parametrische Polymorphie (Haskell)
  - In Scala besser als in Java wegen Typinferenz
- Problem mit generischen Typen und Polymorphie: Varianz
  - Gegeben List [T]
  - Ist List [String] $<$ List [AnyRef]?
  - Gilt das immer? Nein!

Typvarianz

Gegeben folgende Klasse:

```
class Cell[T](init: T) {
 private var curr = init
 def get = curr
 def set (x: T) = { curr = x }
 }
```

Problem: Ist Cell[String] < Cell[Any]?

```
val c1 = new Cell[String]("abc")
val c2 : Cell[Any] = c1
c2.set(1)
val s : String = c1.get
```

Typvarianz

Gegeben folgende Klasse:

```
class Cell[T](init: T) {
 private var curr = init
 def get = curr
 def set (x: T) = { curr = x }
 }
```

Problem: Ist Cell[String] < Cell[Any]?

```
val c1 = new Cell[String]("abc")
val c2 : Cell[Any] = c1
c2.set(1)
val s : String = c1.get
```

Also: Cell[String] kein Untertyp von Cell[Any]

Java: das gleiche Problem

Gegeben:

```
String[] a1 = { "abc" };
Object[] a2 = a1;
a2[0]= new Integer(1);
String s = a1[0];
```

Bei Ausführung Laufzeitfehler:

```
# javac Covariance.java
# java Covariance
Exception in thread "main" java.lang.ArrayStoreException: jav
        at Covariance.main(Covariance.java:8)
```

Das Problem: Kontravarianz vs. Kovarianz

- Problem ist Typ von set : T =>Cell[T]=>()
  - Nicht **var** und Zuweisung
- Kovariant:
  - Rechts des Funktionspfeils (Resultat)
  - Erhält Subtypenbeziehung
- Kontravariant:
  - Links des Funktionspfeils (Argument)
  - Kehrt Subtypenbeziehung
- Position der Typvariablen bestimmt Varianz:
  - Gegeben Mengen A, B, X mit $A \subseteq B$
  - Dann ist $X \to A \subseteq X \to B$
  - Aber nicht $A \to X \subseteq B \to X$
- Annotation der Varianz: Set[+T], Map[−T]

Beschränkte Polymorphie

Gegeben Listen:

```
abstract class List[+T]
case object Nil extends List[Nothing]
case class ::[T](hd: T, tl: List[T]) extends List[T]
```

- Problem: An List[T] kann nur T gehängt werden
- Wünschenswert: beliebiger Untertyp von T
- Lösung: bounded polymorphism

```
case class ::[U >: T](hd: U, tl: List[T])
                                    extends List[T]
```

Traits

```
trait Ordered[A] {
  def cmp(a: A): Int

  def <  (a: A): Boolean = (this cmp a) <  0
  def >  (a: A): Boolean = (this cmp a) >  0
  def ≤ (a: A): Boolean = (this cmp a) ≤ 0
  def ≥ (a: A): Boolean = (this cmp a) ≥ 0
  def cmpTo(that: A): Int = cmp(that) }
```

```
class Rational extends Ordered[Rational] {
 ...
  def cmp(r: Rational) =
     (this.numer * r.denom) - (r.numer* this.denom)
```

- Mächtiger als Interfaces (Java): kann Implementierung enthalten
- Mächtiger als abtrakte Klassen: Mehrfachvererbung
- Mächtiger als Typklassen (Haskell): mehr als ein Typ-Parameter

Weitere Besonderheiten: apply

- apply erlaubt Definition von Factory-Methoden und mehr:
- f(i) wird syntaktisch zu f.apply(i)
- Anderes Beispiel: Selektion aus array, Funktionen

Weitere Besonderheiten: Extraktoren

```
object EMail {
 def apply(user: String, domain: String) =
     user+ "@"+ domain
 def unapply(str: String): Option[(String, String)] =
 { val ps = str split "@"
   if (ps.length == 2) Some(ps(0), ps(1)) else None
 }
}
```

- Extraktoren erlauben erweitertes pattern matching:

```
val s = EMail("cxl@dfki.de")
s match { case EMail(user, domain) =>...}
```

- Typgesteuertes pattern matching:

```
val x : Any
x match { case EMail(user, domain) =>...}
```

Weitere Besonderheiten

- Native XML support, Beispiel: `CCTherm.scala`
- Implizite Konversionen und Parameter

Zusammenfassung

- Haskell + Java = Scala (?)
- Skalierbare Sprache:
  - mächtige Basiskonstrukte
  - plus flexibles Typsystem
  - plus flexible Syntax (“syntaktischer Zucker”)
- Die Zukunft von Java?