Teil II

Java Core

Puzzle #1: Was wird ausgegeben?

```
int count = 0;
for (int i = 0; i < 100; i++); {
   count++;
}
println (count);
```

Gliederung

Java: Features — Core

- Java kennt im Wesentlichen nur Klassendefinitionen
  - Records sind spezielle Klassen
  - Varianten werden nicht unterstützt
  - Module sind spezielle Klassen
  - Arrays sind spezielle Objekte
  - Ausnahmen sind spezielle Objekte
- Java kennt im Wesentlichen nur Methoden
  - Funktionen sind spezielle Methoden
- Javas Syntax ist an C angelehnt
- Java unterscheidet zwischen Ausdrücken und Anweisungen
- Bezeichner sind standardmäßig veränderlich
- Kontrollkonstrukte
  - Alternative: ***if*** (...)
  - Fallunterscheidung: ***switch*** (...)
  - Schleifen: ***for*** (...; ...; ...), ***while*** (...), ***do*** {...} ***while*** (...)
- ☞ *Annahme:* Sie können F#
- ☞ *Vereinfachung:* $printf$ statt $System.out.printf$

Kommentare

- einzeilige Kommentare

```
// single-line comment
```

- mehrzeilige Kommentare

```
(*
multi-line
comment
*)
```

- einzeilige Kommentare

```
// single-line comment
```

- mehrzeilige Kommentare

```
/*
multi-line
comment
*/
```

- Typ: *bool*
- Wahrheitswerte:

  false, *true*

- Alternative:

  if e_1 ***then*** e_2 ***else*** e_3

- Verknüpfungen: *not*, &&, ||

Wahrheitswerte

- Typ: *boolean*
- Wahrheitswerte:

  false, *true*

- Alternative (Ausdruck):

  e_1 ? e_2 : e_3

- Alternative (Anweisung):

```
if (e)
  s1
else
  s2
```

- Verknüpfungen: !, &&, ||

Ganze Zahlen: beschränkte Genauigkeit

- Typ: *int* (32 Bit), *int64* (64 Bit)
- Numerale:

$-4711, 2147483647$
$-815L, 9223372036854775807L$

- arithmetische Operationen:
  $+, -, *, /, \%$
- Vergleichsoperationen:
  $<, \leqslant, =, <>, \geqslant, >$
- ASCII: <= und >=

- Typ: *int* (32 Bit), *long* (64 Bit)
- Numerale:

$-4711, 2147483647$
$-815L, 9223372036854775807L$

- arithmetische Operationen:
  $+, -, *, /, \%$
- Vergleichsoperationen:
  $<, \leqslant, ==, !=, \geqslant, >$
- ASCII: <= und >=

Ganze Zahlen: unbeschränkte Genauigkeit

- Typ: *bigint*
- Numerale

$$0I$$
$$1I$$
$$2432902008176I$$

- Fakultät

```
let rec factorial (n : bigint) =
  if n = 0I then
    1I
  else
    n * factorial (n - 1I)
```

- Typ: *BigInteger* aus *java.math*

```
import java.math.BigInteger;
```

- Numerale

```
BigInteger.ZERO
BigInteger.ONE
new BigInteger ("2432902008176")
```

- Fakultät

```
public static
BigInteger factorial (BigInteger n) {
  if (n.equals (BigInteger.ZERO))
    return BigInteger.ONE;
  else
    return n.multiply (factorial (
      n.subtract (BigInteger.ONE)));
}
```

- Typen: *char* und *string*
- Literale

```
let lang = 'C'
let hiya = "Hi Lisa!"
```

- Operationen

```
let hw = "hello," + " world"
```

- Vergleichsoperationen:
  $<$, $\leqslant$, $=$, $<>$, $\geqslant$, $>$

Zeichen und Strings

- Typen: *char* und *String*
- ☞ Zeichen und Strings sind unveränderlich
- Literale

```
char   lang = 'C'
String hiya = "Hi Lisa!"
```

- Operationen

```
String hw = "hello," + " world"
```

- Vergleichsoperationen (*char*):
  $<$, $\leqslant$, $==$, $!=$, $\geqslant$, $>$
- Vergleichsoperationen (*String*):
  $s.equals\ (t)$, $s.compareTo\ (t)$
  ☞ Vergleich mit $==$, $!=$ vergleicht nicht den Inhalt der Strings.

- Definitionen (Layout)

```
let a = 4711
let b = 815
a + b
```

☞ ein Ausdruck

- Anweisungen

```
let mutable x = 4711
x ← x + 1
printf "x is = %d\n" x
```

☞ ebenfalls ein Ausdruck

- ';' ist ein Separator (Operator): er verknüpft zwei Ausdrücke

Definitionen versus Blöcke

- Blöcke (explizite {..} Klammern)

```
{
  final int a = 4711;
  final int b = 815;
  return a + b;
}
```

☞ *kein* Ausdruck

- Anweisungen

```
{
  int x = 4711;
  x = x + 1;
  printf ("x is = %d\n", x);
}
```

- ';' ist ein *Terminator*: er überführt einen Ausdruck in eine Anweisung

- Beispiel: Minimum

```
let min (x, y) =
  if x ⩽ y then x else y
```

Funktionen

- Beispiel: Minimum

```
static final int min (int x, int y) {
  if (x ⩽ y)
    return x;
  else
    return y;
}
```

- alternativ mit *if*-Ausdruck:

```
static final int min (int x, int y) {
  return x ⩽ y ? x : y;
}
```

Prozeduren

- Typ: $t \to unit$

```
let dump (xs : int list) =
  for x in xs do
    printf "%d\n" x
```

- Ergebnistyp *void*

```
static final
  void dump (List⟨Integer⟩ xs) {
    for (Integer x : xs)
      printf ("%d\n", x);
}
```

Rekursive Funktionen

- Schlüsselwort ***rec***

```
let rec fib n =
    if    n = 0 then 0
    elif  n = 1 then 1
    else fib (n − 1) + fib (n − 2)
```

- Funktionsname im Rumpf sichtbar

```
static final int fib (int n) {
    if (n == 0)
        return 0;
    else if (n == 1)
        return 1;
    else
        return fib (n − 1) + fib (n − 2);
}
```

Funktionsausdrücke

- Funktionsausdruck

$$\textbf{\textit{fun}}\ (a : \mathit{int}) \rightarrow 2 * a$$

- (aka Lambda-Ausdruck)

- Funktionsausdruck

$$(\mathit{int}\ n) \rightarrow 2 * n$$

- (aka Lambda-Ausdruck)

Java: Lambda-Ausdrücke

- Der Rumpf eines Lambda-Ausdrucks kann ein Ausdruck sein:

$$(int\ n) \rightarrow 2 * n$$

- Der Typ des formalen Parameters kann ausgelassen werden:

$$n \rightarrow 2 * n$$

- Der Rumpf eines Lambda-Ausdrucks kann ein Block sein:

$$
\begin{array}{l}
(int\ n) \rightarrow \{ \\
\quad \textbf{\textit{for}}\ (int\ i = 0; i < n; i{+}{+}) \\
\qquad println\ (\texttt{"hello, world"}); \\
\}
\end{array}
$$

Java: Funktionale Schnittstellen

- Geschichtliches: wie wird der Typ einer Funktion notiert?
  - Mathematik (< 1940): $f(X) \subset Y$
  - Witold Hurewicz (1904–1956): $f : X \to Y$
  - C: `Y f(X x)`
- In Java sind Funktionen Objekte: zum Beispiel,

```
Function f;
```

- wobei *Function* eine sogenannte *funktionale Schnittstelle* ist,

```
interface Function {
  R apply (T x);
}
```

die nur eine abstrakte Methode enthält.

Java: Funktionale Schnittstellen

- Das heißt, wir müssen für jeden Funktionstyp eine neue Schnittstelle definieren?
- Im Prinzip ja, in der Praxis nein, da `java.util.function` über 40 (!) Schnittstellen vordefiniert, zum Beispiel:

$IntUnaryOperator$	$applyAsInt$	$int \to int$
$Consumer\langle T\rangle$	$accept$	$T \to void$
$Predicate\langle T\rangle$	$test$	$T \to boolean$
$Supplier\langle T\rangle$	get	$() \to T$
$Function\langle A, B\rangle$	$apply$	$A \to B$

- ☞ nötig wegen primitiver Typen

Java: Typisierung von Lambda-Ausdrücken

- Wie wird der Typ eines Lambda-Ausdrucks bestimmt?

$$() \to 4711$$

- Ist der Typ $Supplier\langle Integer\rangle$? Oder vielleicht

```
interface Generator {
  Integer generate ();
}
```

- Beides! Java verwendet den Kontext, in dem der Lambda-Ausdruck auftritt, um den Typ zu bestimmen.
- Aus diesem Grund können Lambda-Ausdrücke nur in bestimmten Kontexten verwendet werden:
  - Deklaration von Variablen,
  - Zuweisungen,
  - ***return*** Anweisung, ...

Java: Funktionsapplikation ...

- ... ist Methodenaufruf.
- Beispiel:

$$Function\ f;$$

- wobei $Function$ wie folgt definiert ist

$$\begin{array}{l}\textbf{\textit{interface}}\ Function\ \{\\ \quad R\ apply\ (T\ x);\\ \}\end{array}$$

- Wir wenden f wie folgt an:

$$f.apply\ (n)$$

Funktionen höherer Ordnung

- Definition

```
let rec map (f : 'a → 'b) = function
    | []      → []
    | x :: xs → f x :: map f xs
```

- Anwendung

```
map (fun x → x * x) [3; 5; 7]
```

- Definition

```
static final ⟨A, B⟩
List ⟨B⟩map (Function ⟨A, B⟩ f,
                List ⟨A⟩xs) {
  List ⟨B⟩ys = new LinkedList ⟨B⟩();
  for (A x : xs) {
    ys.add (f.apply (x));
  }
  return ys;
}
```

- Anwendung

```
map (x → x * x, Arrays.asList (3, 5, 7))
```

- Konstruktion

```
let lisa = ("Lisa", true, 14)
```

- Projektion (Muster)

```
let (name, female, age) = lisa
```

Tupel

- Tupel werden *nicht* unterstützt
- Bibliothek: Functional Java
  www.functionaljava.org
- Konstruktion

```
import static fj.P3;
import fj.*;
P3<String, Boolean, Integer> t =
  p ("Lisa", true, 14);
```

- Muster werden *nicht* unterstützt

```
String name = t._1 ();
boolean female = t._2 ();
int age = t._3 ();
```

- (**import static**: direkter Zugriff ohne Punktnotation)

- Konstruktion

$$\textbf{let}\ pair = (4711, false)$$

- Projektion

$$fst\ pair, snd\ pair$$

Paare

- DIY

$$\begin{array}{l}\textbf{public class}\ Pair\ \langle A, B\rangle\ \{\\ \quad\textbf{public final}\ A\ fst;\\ \quad\textbf{public final}\ B\ snd;\\ \quad\textbf{public}\ Pair\ (\textbf{final}\ A\ fst,\\ \qquad\qquad\textbf{final}\ B\ snd)\ \{\\ \qquad\textbf{this}.fst\ =\ fst;\\ \qquad\textbf{this}.snd\ =\ snd;\ \}\\ \}\end{array}$$

- Konstruktion

$$var\ pair = \textbf{new}\ Pair\ (4711, false)$$

- Projektion

$$pair.fst, pair.snd$$

Records

- Typdefinition

```
type Book = {
  Title  : string
  Author : string
  Pages  : int}
```

- Konstruktion

```
let notw = {
  Title  =
    "The Name of the Wind"
  Author = "Patrick Rothfuss"
  Pages  = 662}
```

- Extraktion

```
let title = notw.Title
```

- Klasse ohne Methoden

```
final class Book {
  final String title;
  final String author;
  final int    pages;
  Book (final String title,
        final String author,
        final int    pages) {
    this.title  = title;
    this.author = author;
    this.pages  = pages;
  }
}
```

- ...

Records

- Typdefinition

```
type Book = {
  Title  : string
  Author : string
  Pages  : int}
```

- Konstruktion

```
let notw = {
  Title  =
    "The Name of the Wind"
  Author = "Patrick Rothfuss"
  Pages  = 662}
```

- Extraktion

```
let title = notw.Title
```

- ...
- Konstruktion

```
var notw = new Book
  ("The Name of the Wind",
   "Patrick Rothfuss",
   662);
```

- Extraktion

```
String title = notw.title;
```

Varianten

- Typdefinition

```
type Expr =
    | Const of int
    | Add   of Expr * Expr
    | Mul   of Expr * Expr
```

- Beispiel: Auswertung

```
let rec eval (expr : Expr) =
  match expr with
    | Const i        -> i
    | Add (e1, e2) -> eval e1 + eval e2
    | Mul (e1, e2) -> eval e1 * eval e2
```

- wird *nicht* unterstützt
- „composite design pattern“
- „visitor design pattern“
- $90°$: abstrakter Datentyp
  - mit Schnittstelle und Objektausdrücken oder
  - mit abstrakter Klasse und anonymen Klassen ...

Java: Varianten

```
abstract class Expr {
  abstract int eval ();
  static Expr Const (int i) {
    return new Expr () {
      int eval () { return i; }
    };
  }
  static Expr Add (Expr e1, Expr e2) {
    return new Expr () {
      int eval () { return e1.eval () + e2.eval (); }
    };
  }
  static Expr Mul (Expr e1, Expr e2) {
    return new Expr () {
      int eval () { return e1.eval () * e2.eval (); }
    };
  }
}
```

- Typ: *t option*
- Konstruktion

```
None
Some 4711
```

- Fallunterscheidung

```
match opt with
| None   -> printf "sigh"
| Some i -> printf "got %d\n" i
```

Optionale Werte

- Typ: *Optional ⟨t⟩*
- Konstruktion

```
Optional.empty ()
Optional.of (4711)
```

- Fallunterscheidung

```
if (opt.isEmpty ())
  printf ("sigh\n");
else
  printf ("got %d\n", opt.get ());
```

```
if (opt.isPresent ())
  printf ("got %d\n", opt.get ());
else
  printf ("sigh\n");
```

- Typ: $'a\ list$
- Konstruktion

```
let primes = 2 :: 3 :: 5 :: 7 :: 11 :: []
```

- Fallunterscheidung

```
match primes with
| []      → 0
| x :: xs → x
```

- Struktur Entwurfsmuster

```
let rec sum = function
| []      → 0
| x :: xs → x + sum xs
```

Listen

- unveränderliche Listen werden *nicht* unterstützt
- Bibliothek: Functional Java
- Konstruktion

```
import static fj.data.List.list;
import fj.data.List;
var primes = list (2, 3, 5, 7, 11);
```

- Struktur Entwurfsmuster

```
public static
  int sum (List⟨Integer⟩ list) {
    if (list.isEmpty ()) return 0;
    else
      return list.head () +
                  sum (list.tail ());
}
```

Arrays

- Typ: $int\,[\,]$
- Definition

$$\textbf{let}\ primes = [|\ 2; 3; 5; 7; 11\ |]$$

- Arraybeschreibung

$$\textbf{let}\ squares = \\ [|\ \textbf{for}\ i\ \textbf{in}\ 0\,..\,9 \rightarrow i * i\ |]$$

- Größe

$$primes.Length$$

- Subskription

$$primes.[2]$$

- Typ: $int\,[\,]$
- Deklaration

$$int\,[\,]\ primes = \{2, 3, 5, 7, 11\};$$

- Größe

$$primes.length$$

- Subskription

$$primes\,[2]$$

Arrays

- Arrays sind Werte
- Konstruktion

$$[|\ 2; 3; 5; 7; 11\ |]$$

- Arraybeschreibung

$$[|\ \textbf{\textit{for}}\ i\ \textbf{\textit{in}}\ 1\,..\,capacity \to 0\ |]$$

- Arrays sind Objekte
- Konstruktion

$$\textbf{\textit{new}}\ int\ [\,]\ \{2, 3, 5, 7, 11\}$$

- mit 0 initialisiertes Array

$$\textbf{\textit{new}}\ int\ [\,capacity]$$

- Ausgabe

```
printf "%s is %d\n" "x" x
System.Console.Write 4711
System.Console.Write "hiya"
```

- Eingabe

```
let line = System.Console.ReadLine ()
```

Ein- und Ausgabe

- Ausgabe

```
printf ("%s is %d\n", "x", x);
System.out.print (4711);
System.out.print ("hiya");
```

☞ (eigentlich *System.out.printf*...)

- Eingabe

```
import java.io.BufferedReader;
import java.io.InputStreamReader;
BufferedReader buffer =
  new BufferedReader (
    new InputStreamReader (
      System.in));
String line = buffer.readLine ();
```

Veränderliche

- Veränderliche

```
let mutable x = 0
x ← x + 1
x ← 42
```

- Konstante (default)

```
let x = 42
```

- Veränderliche (default)

```
int x = 0;
x = x + 1;
x = 42;
```

- Konstante

```
final int x = 42
```

Java: Zuweisungen

- akkumulierende Zuweisungen

```
int x = 0;
x += 1;
x *= 2;
```

- Ausdrücke mit Effekt

```
x++
--x
```

- Typdefinition

```
type Book = {
  mutable Title  : string
  mutable Author : string
  mutable Pages  : int}
```

- Konstruktion

```
let notw = {
  Title  =
    "The Name of the Wind"
  Author = "Patrick Rothfuss"
  Pages  = 662}
```

- Modifikation

```
notw.Author ← "P. Rothfuss"
```

Veränderliche Records

- Klasse ohne Methoden

```
final class Book {
  String title;
  String author;
  int    pages;
  Book (String title,
        String author,
        int    pages) {
    this.title  = title;
    this.author = author;
    this.pages  = pages;
  }
}
```

- ...

Veränderliche Records

- Typdefinition

```
type Book = {
  mutable Title  : string
  mutable Author : string
  mutable Pages  : int}
```

- Konstruktion

```
let notw = {
  Title  =
    "The Name of the Wind"
  Author = "Patrick Rothfuss"
  Pages  = 662}
```

- Modifikation

```
notw.Author ← "P. Rothfuss"
```

- ...
- Konstruktion

```
var notw = new Book
  ("The Name of the Wind",
   "Patrick Rothfuss",
   662);
```

- Modifikation

```
notw.author = "P. Rothfuss";
```

Veränderliche Arrays

- Arrays sind veränderlich
- Konstruktion

$$\textbf{\textit{let}}\ primes = [|\ 2; 3; 5; 7; 11\ |]$$

- Modifikation

$$primes.[2] \leftarrow 4711$$

- Arrays sind veränderlich
- Deklaration

$$int\ [\,]\ primes = \{2, 3, 5, 7, 11\};$$

- Modifikation

$$primes\ [2] = 4711;$$

- Schleifen

```
for i in 0..99 do
    ...
for i = 0 to 99 do
    ...
for i in 99..-1..0 do
    ...
for i = 99 downto 0 do
    ...
for b in books do
    ...
while i < 100 do
    ...
```

Schleifen

- Schleifen

```
for (int i = 0; i <= 99; i++) {
    ...
}
for (int i = 99; i >= 0; i--) {
    ...
}
for (Book b : books) {
    ...
}
while (i < 100) {
    ...
}
do {
    ...
}while (i < 100);
```

- Javas ***for***-Schleife

```
for (e1; e2; e3) {
    ...
}
```

ist eine Abkürzung für eine ***while***-Schleife:

```
{
  e1;
  while (e2) {
      ...
    e3;
  }
}
```

- zum Beispiel

```
for (int i = 1; i < 1000; i *= 2)
  printf ("%d\n", i);
```

Java: Schleifenabbruch

- mit ***break***; kann die umschließende Schleife abgebrochen werden
- mit ***continue***; kann mit der nächsten Iteration fortgefahren werden
- mit ***return***...; kann die aktuelle Methode verlassen werden

```
static boolean palindrome (int [] a) {
  for (int i = 0, j = a.length − 1; i < a.length / 2; i++, j−−)
    if (a [i] != a [j])
      return false;
  return true;
}
```

- (Kommaoperator: ';' für Ausdrücke)

- Ausnahmen sind Werte vom Typ *exn*

```
exception Zero
```

- Werfen und Fangen

```
try
  let mutable acc = 1
  for x in a do
    if x = 0 then
      raise Zero
    else
      acc ← acc * x
  acc
with
| Zero → 0
```

Ausnahmen

- Ausnahmen sind Objekte

```
class Zero extends Exception { }
```

- Werfen und Fangen

```
try {
  int acc = 1;
  for (int x : a)
    if (x == 0)
      throw new Zero ();
    else
      acc *= x;
  return acc;
} catch (Zero z) {
  return 0;
}
```

In Java sind Ausnahmen *Objekte*, Instanzen der Klasse *Throwable* oder einer ihrer Unterklassen, insbesondere *Exception*.

```
public class Insufficient extends Exception {
  public long n = 0;
  Insufficient (long n) {
    this.n = n;
  }
}
```

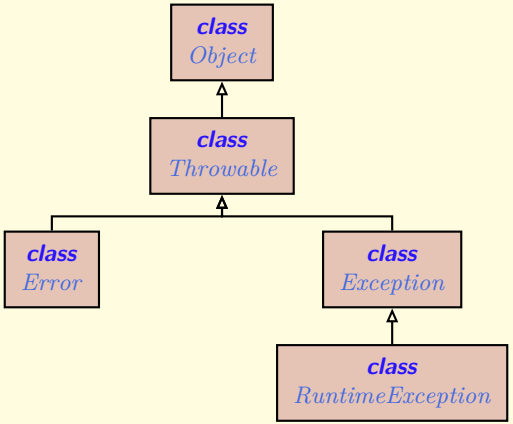
Java: Ausnahmen — “catch or specify”

Zur Schnittstelle einer Methode gehören neben den Parametern und dem Rückgabewert auch eine Liste der Ausnahmen, die möglicherweise in der Methode ausgelöst werden (“catch or specify”).

void withdraw (long amount) ***throws*** *Insufficient*

☞ Auf diese Weise wird zur Übersetzungszeit sichergestellt, dass alle Ausnahmen auch tatsächlich behandelt werden (checked exceptions).

Java: Ausnahmen — Klassenhierarchie



☞ Ausgenommen von der Prüfung sind lediglich *RuntimeException*s (unchecked exceptions).

Java: Ausnahmen — *catch*

```
TrustMe myaccount = new TrustMe ();
try {
   myaccount.deposit (100);
   myaccount.withdraw (50);
   myaccount.withdraw (60);
   myaccount.deposit (40);
   myaccount.withdraw (60);
   System.out.println ("OK.");
} catch (Insufficient e) {
   System.out.println ("Insufficient funds!");
   System.out.println ("  Can't withdraw " + e.n + "€.");
}
```

- Alle Ausnahmen, die Instanz von *Insufficient* oder einer ihrer Unterklassen sind, werden von der ***catch***-Klausel behandelt.
- Es können auch mehrere ***catch***-Klauseln angegeben werden.

Java: Ausnahmen — *finally*

```
public static void dump (String path) throws IOException
{
  BufferedReader reader = null;
  try {
    reader = new BufferedReader (new FileReader (path));
    String line;
    while ((line = reader.readLine ()) != null)
      System.out.println (line);
  } catch (FileNotFoundException e) {
    System.err.println ("Cannot find file " + path);
    e.printStackTrace ();
  } finally {
    System.out.println ("Closing file " + path);
    if (reader != null) reader.close ();
  }
}
```

- ***finally***-Block wird immer ausgeführt

Java: Ausnahmen — *try* mit Ressourcen

```
public static void dump (String path) throws IOException
{
  try (BufferedReader reader =
         new BufferedReader (new FileReader (path))) {
    String line;
    while ((line = reader.readLine ()) != null)
      System.out.println (line);
  } catch (FileNotFoundException exc) {
    System.err.println ("Cannot find file " + path);
    exc.printStackTrace ();
  }
}
```

- *reader* wird automatisch geschlossen
- Ressourcen implementieren die Schnittstelle *AutoCloseable* (**throws** *Exception*) oder ihre Unterschnittstelle *Closeable* (**throws** *IOException*)