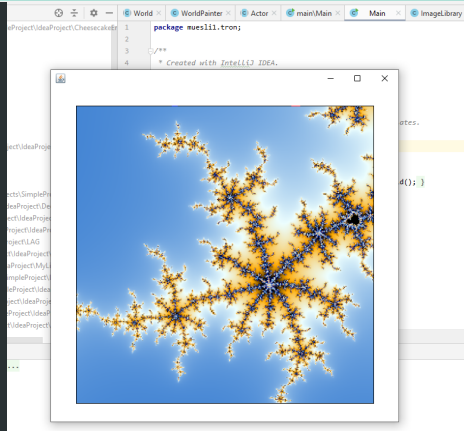


# FOP Recap #7



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

## Rekursion und fortgeschrittene Konzepte mit Racket



# Das steht heute auf dem Plan



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

## Listen

Rekursiv vs Iterativ

Structs

Funktionen höherer Ordnung

Lambda-Ausdrücke

Closures



- Arrays haben eine feste Länge
- Man kann auf einen beliebigen Index zugreifen



- Listen haben eine variable Länge
- Können heterogen sein



- Listen haben eine variable Länge
- Können heterogen sein
- Man kann nur auf
  - ▣ Das erste Element mit (`first ....`) zugreifen
  - ▣ Den Rest mit (`rest ....`) zugreifen
- Man erstellt sie über (`list element1 element2 .... elementN`)
- Man kann über (`empty? ....`) prüfen, ob sie leer ist
- Der Ausdruck `empty` ist eine leere Liste
- Mit (`append lst1 lst2`) konkateniert man zwei Listen
- Mit (`cons element1 lst`) fügt man vorne an eine Liste ein neues Element an

# Das steht heute auf dem Plan



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Listen

Rekursiv vs Iterativ

Structs

Funktionen höherer Ordnung

Lambda-Ausdrücke

Closures



```
1  int[] result = new int[5];  
2  
3  for(int i = 0; i < 5; i++) {  
4      result[i] = i;  
5  }
```

```
1 public void recursiveStep(int[] result, int currentIndex) {  
2     // Rekursionsanker  
3     if(currentIndex == result.length) {  
4         return;  
5     }  
6     result[currentIndex] = currentIndex;  
7     // Rekursiver Aufruf  
8     recursiveStep(array, currentIndex + 1);  
9 }
```

```
1 // Start der Rekursion  
2 int[] result = new int[5];  
3 recursiveStep(result, 0);
```





```
1 (define (recursive-function lst)
2   (cond
3     ; Rekursionsanker
4     [(empty? lst) empty]
5     [else (cons
6             (+ 1 (first lst))
7             ; Rekursiver Aufruf
8             (recursive-function (rest lst))
9             )
10    ]
11  )
12 )
```

# Typische Rekursion in Racket



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

```
1 (define (recursive-function lst)
2   (cond
3     [(empty? lst) empty]
4     [else (cons
5             (+ 1 (first lst))
6             (recursive-function (rest lst))
7             )
8     ]
9   )
10 )
```

```
1 ; Start der Rekursion
2 (recursive-function (list 1 2 3 4 5))
```

# Das steht heute auf dem Plan



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Listen

Rekursiv vs Iterativ

Structs

Deklaration und Verwendung

Java Äquivalent

Funktionen höherer Ordnung

Lambda-Ausdrücke

Closures



- Haben mehrere Felder
- Felder sind konstant
- Können beliebig erstellt werden
- Auf jedes Feld kann einzeln zugegriffen werden

# Structs

## Deklaration und Verwendung



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

```
1 (define-struct my-struct-name (field-one field-two field-three))
```

```
1 (make-my-struct-name expression-one expression-two  
  ↪ expression-three)
```

```
1 (my-struct-name-field-one instance)
```

# Structs

## Deklaration und Verwendung



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

```
1 (define-struct person (first-name last-name age))
```

```
1 (make-person "Konrad" "Zuse" 85)
```

```
1 (define ada-lovelace (make-person "Ada" "Lovelace" 36))
```

```
1 (person-first-name ada-lovelace)  
2 (person-age ada-lovelace)
```



```
1 public record Person(String firstName, String lastName, int age)
2 {
3     // ...
4 }
```

- Haben einen impliziten Konstruktor
- gleichnamige Methoden wie die einzelnen Elemente als getter-Methoden
- die Attribute sind private und final

# Das steht heute auf dem Plan



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Listen

Rekursiv vs Iterativ

Structs

Funktionen höherer Ordnung

`filter`

`map`

`foldl` und `foldr`

Lambda-Ausdrücke

Closures





- Sind Funktionen, die als Parameter Funktionen erhalten
- Zum Beispiel
  - ▣ Zum Graphenzeichnen
  - ▣ Zur Nullstellenberechnung
  - ▣ Für Listenoperationen und Streams
  - ▣ ....



- In Racket nutzen wir:
  - ▣ `filter` zum Filtern von Listen
  - ▣ `map` um eine Funktion auf jedes Element anzuwenden
  - ▣ `foldl` und `foldr` als terminale Listenoperation

# Funktionen höherer Ordnung

## filter



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

```
1 (filter filter-function the-list)
```

```
1 (define (is-big x) (> x 5))  
2  
3 (filter is-big (list 1 4 6 10))
```

```
$ (list 6 10)
```

# Funktionen höherer Ordnung

## map



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

```
1 (map map-function the-list)
```

```
1 (define (add-some x) (+ x 5))
```

```
2
```

```
3 (map add-some (list 1 4 6 10))
```

# Funktionen höherer Ordnung

## map



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

```
1 (map map-function the-list)
```

```
1 (define (add-some x) (+ x 5))
```

```
2
```

```
3 (map add-some (list 1 4 6 10))
```

```
$ (list 6 9 11 15)
```

# Funktionen höherer Ordnung

## map



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

```
1 (map map-function the-list)
```

```
1 (define (add-some x) (+ x 5))
```

```
2
```

```
3 (map add-some (list 1 4 6 10))
```

```
$ (list 6 9 11 15)
```

```
1 (map sqrt (list 1 4 16 121))
```

```
$ (list 1 2 4 11)
```

# Funktionen höherer Ordnung

## foldl und foldr



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

```
1 (foldl fold-function initial-value the-list)
2 (foldr fold-function initial-value the-list)
```

```
1 (define (my-fold-function elem acc) (+ elem acc))
2
3 (foldl my-fold-function 0 (list 1 -1 5 -5 2))
4 (foldl my-fold-function 5 (list 1 -1 5 -5 2))
```

```
$ 2
$ 7
```

- Hier: Identisches Ergebnis mit foldr

# Funktionen höherer Ordnung

## foldl und foldr



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

```
1  (define (my-fold-function elem acc)
2      (+ elem
3          (if (> acc 0)
4              acc
5              (- 0 acc)
6          )
7      )
8  )
9  (foldl my-fold-function 0 (list 1 -1 5 -5 2))
10 (foldr my-fold-function 0 (list 1 -1 5 -5 2))
```



# Funktionen höherer Ordnung

## foldl und foldr



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

```
1 (define (my-fold-function elem acc)
2   (+ elem
3     (if (> acc 0)
4         acc
5         (- 0 acc)
6     )
7   )
8 )
9 (foldl my-fold-function 0 (list 1 -1 5 -5 2))
10 (foldr my-fold-function 0 (list 1 -1 5 -5 2))
```

\$ 2

\$ 8

# Das steht heute auf dem Plan



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Listen

Rekursiv vs Iterativ

Structs

Funktionen höherer Ordnung

Lambda-Ausdrücke

    In Racket

    In Java

    Methodenreferenzen

Closures



- Sind "Funktionen ohne Namen"
- Haben auch Parameter und Methodenrumpf

# Lambda-Ausdrücke

In Racket



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

```
1 (lambda (parameter-one parameter-two ....)  
   ↪ function-body-expression)
```

```
1 (lambda (x) (* (+ x 5) 2))
```

```
1 ((lambda (x) (* (+ x 5) 2)) 2)
```

\$ 14

# Lambda-Ausdrücke

In Racket



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

```
1 (lambda (parameter-one parameter-two ....)
   ↪  function-body-expression)
```

```
1 (map (lambda (x) (* (+ x 5) 2)) (list 1 2 3))
```

```
$ (list 12 14 16)
```

```
1 (define my-const (lambda (x) (* (+ x 5) 2)))
```



- Funktionieren über Funktionale Interfaces
- Funktionale Interfaces
  - ▣ Haben nur eine (nicht default oder static) Methode
  - ▣ Haben optional die Annotation `FunctionalInterface`

# Lambda-Ausdrücke

In Java



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

```
1 @FunctionalInterface
2 public interface MyIntPredicate {
3     boolean test(int number);
4
5     // .... Additional default or static methods      ....
6 }
```

```
1 public class BiggerThanFive implements MyIntPredicate {
2     public boolean test(int number) {
3         return number > 5;
4     }
5 }
```



```
1 public static void higherFunction(MyIntPredicate predicate) {  
2     boolean testOne = predicate.test(4);  
3     boolean testTwo = predicate.test(6);  
4     // ....  
5 }
```

```
1 higherFunction(new BiggerThanFive());  
2  
3 higherFunction(new SmallerThanOne());
```



# Lambda-Ausdrücke

In Java



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

```
1 public class BiggerThanFive implements MyIntPredicate {  
2     public boolean test(int number) {  
3         return number > 5;  
4     }  
5 }
```

```
1 MyIntPredicate pred = new BiggerThanFive();
```

```
1 MyIntPredicate pred = (int number) -> {  
2     return number > 5;  
3 };
```

# Lambda-Ausdrücke

In Java



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

```
1 MyIntPredicate pred = (int number) -> {  
2     return number > 5;  
3 };
```

```
1 MyIntPredicate pred = (number) -> {  
2     return number > 5;  
3 };
```



```
1 MyIntPredicate pred = number -> {  
2     return number > 5;  
3 };
```

```
1 MyIntPredicate pred = number -> number > 5;
```



```
1 @FunctionalInterface
2 public interface MyIntPredicate {
3     boolean test(int number);
4 }
```

```
1 MyIntPredicate pred = number -> number > 5;
```

# Lambda-Ausdrücke

## Methodenreferenzen – Klassen-Methode



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

```
1 @FunctionalInterface
2 public interface MyIntPredicate {
3     boolean test(int number);
4 }
```

```
1 public class X {
2     public static boolean anyName(int num) {
3         return num > 5;
4     }
5 }
```

```
1 MyIntPredicate pred = X::anyName;
```

# Lambda-Ausdrücke

## Methodenreferenzen – Objekt-Methode



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

```
1 @FunctionalInterface
2 public interface MyIntPredicate {
3     boolean test(int number);
4 }
```

```
1 public class X {
2     public boolean anyName(int num) {
3         return num > 5;
4     }
5 }
```

```
1 X anObject = new X();
2 MyIntPredicate pred = anObject::anyName;
```

# Das steht heute auf dem Plan



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Listen

Rekursiv vs Iterativ

Structs

Funktionen höherer Ordnung

Lambda-Ausdrücke

Closures

In Racket

In Java



- Einbeziehung von Entstehungskontext in Lambda-Ausdruck
- Dieser wird dann im Lambda-Ausdruck zwischengespeichert
- Lässt sich dann nicht mehr verändern



# Closures

## In Racket



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

```
1 (define (create-func a b)  
2   (lambda (x) (* (+ x a) b)))
```

```
1 ((create-func 0 1) 5)
```

\$ 5

```
1 ((create-func 1 2) 5)
```

\$ 12

# Closures

## In Java



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

```
1 @FunctionalInterface
2 public interface MyDoubleFunction {
3     public double apply(double number);
4 }
```

```
1 public static MyDoubleFunction createFunc(double a, double b) {
2     return x -> (x + a) * b;
3 }
```

```
1 double result = createFunc(0, 1).apply(5); // = 5
```

```
1 double result = createFunc(1, 2).apply(5); // = 12
```



---

# Live-Coding!