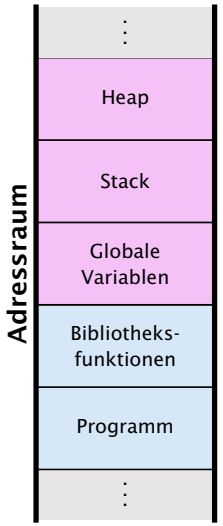
6 Speicherorganisation

Der Speicher des Programms ist in verschiedene Speicherbereiche untergliedert

- Speicherbereiche, die den eigentlichen Programmcode und den Code der Laufzeitbibliothek enthalten;
- einen Speicherbereich für globale/statische Variablen;
- einen Speicherbereich Heap, und
- einen Speicherbereich Stack.

Variablen werden üblicherweise auf dem Heap oder dem Stack gespeichert.



Heap vs. Stack vs. statisch

Heap

Auf dem Heap können zur Laufzeit zusammenhängende Speicherbereiche angefordert werden, und in beliebiger Reihenfolge wieder freigegeben werden.

Stack

Der Stack ist ein Speicherbereich, auf dem neue Elemente oben gespeichert werden, und Freigaben in umgekehrter Reihenfolge (d.h. oben zuerst) erfolgen müssen (LIFO = Last In First Out).

Statische Variablen

Statische Variablen werden zu Beginn des Programms angelegt, und zum Ende des Programms wieder gelöscht.

In Java müssen Elemente auf dem Heap nicht explizit wieder freigegeben werden. Diese Freigabe übernimmt der ↑Garbage Collector.

Statische Variablen

Statische Variablen (auch Klassenvariablen) werden im Klassenrumpf ausserhalb einer Funktion mit dem zusätzlichen Schlüsselwort `static` definiert.

Jede Funktion der Klasse kann dann diese Variablen benutzen; deshalb werden sie manchmal auch globale Variablen genannt.

Beispiel – Statische Variablen

```
1  public class GGT extends MiniJava {
2      static int x, y;
3      public static void readInput() {
4          x = read();
5          y = read();
6      }
7      public static void main (String[] args) {
8          readInput();
9          while (x != y) {
10             if (x < y)
11                 y = y - x;
12             else
13                 x = x - y;
14         }
15         write(x);
16     }
17 }
```

Verwendung des Heaps

Speicherallokation mit dem Operator new:

```
int[][] arr;
arr = new int[10][]; // array mit int-Verweisen
```

Immer wenn etwas mit new angelegt wird, landet es auf dem Heap.

Wenn keine Referenz mehr auf den angeforderten Speicher existiert kann der Garbage Collector den Speicher freigeben:

```
int[][] arr;
arr = new int[10][]; // array mit int-Verweisen
arr = null; // jetzt koennte GC freigeben
```


Verwendung des Heaps

Beispiel:

```
1 public static int[] readArray(int number) {
2     // number = Anzahl zu lesender Elemente
3     int[] result = new int[number];
4     for (int i = 0; i < number; ++i) {
5         result[i] = read();
6     }
7     return result;
8 }
9 public static void main(String[] args) {
10    readArray(6);
11 }
```

Da die von readArray zurückgegebene Referenz nicht benutzt wird, kann der GC freigeben.

Verwendung des Heaps

Beispiel:

```
1 public static void main(String[] args) {
2     int[] b = readArray(6);
3     int[] c = b;
4     b = null;
5 }
```

Da c immer noch eine Referenz auf das array enthält erfolgt keine Freigabe.

Verwendung des Stacks

- Bei Aufruf einer Funktion (auch main()) werden lokale Variablen (d.h. auch Werte von aktuellen Parametern) und die Rücksprungadresse als Frames auf dem Stack gespeichert.
- Während der Programmausführung sind nur die Variablen im obersten Frame zugreifbar.
- Bei der Beendigung einer Funktion wird der zugehörige Stackframe gelöscht.

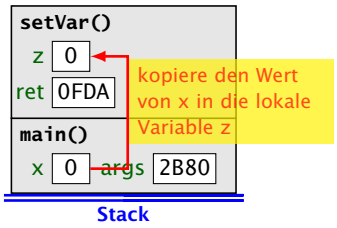
Parameterübergabe – Call-by-Value

Die Variable, die wir bei dem Aufruf übergeben, verändert ihren Wert nicht.

```
public static void setVar(int z) {
    z = 1;
}

public static void main(String[] args) {
    int x;
    x = 0;
    setVar(x);

    write("x == " + x);
}
```



Das ist die einzige Form der Parameterübergabe, die Java unterstützt.

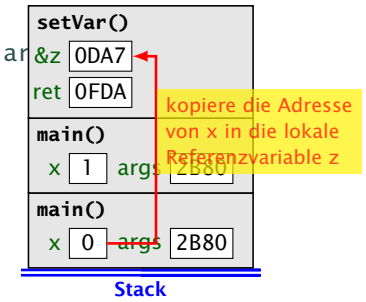
Parameterübergabe – Call-by-Refere

Animation ist nur in der Vorlesungsversion der Folien vorhanden.

```
public static void setVar(int &z) {
    z = 1;
}

public static void main(String[] ar
    int x;
    x = 0;
    setVar(x);

    write("x == " + x);
}
```



Diese Form der Parameterübergabe ist in Java nicht möglich, aber z.B. in C++.

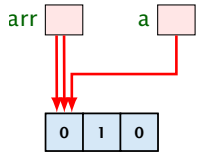
Parameterübergabe – Referenzvariablen

Auch Referenzvariablen werden per call-by-value übergeben. Man kann den Inhalt des zugehörigen Objekts/Arrays aber verändern.

```
public static void setVar(int[] a) {
    a[1] = 1;
}

public static void main(String[] args) {
    // initialize array elements to 0
    int[] arr = new int[3];

    setVar(arr);
    write("arr[1] == " + arr[1]);
}
```



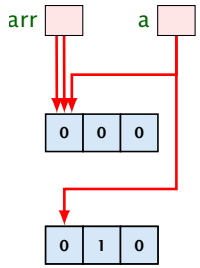
Ausgabe: arr[1] == 1

Parameterübergabe – Referenzvariablen

Wenn man das Objekt selber verändert, ist die Änderung nicht nach aussen sichtbar.

```
public static void setVar(int[] a) {
    a    = new int[3];
    a[1] = 1;
}

public static void main(String[] args) {
    // initialize array elements to 0
    int[] arr = new int[3];
    setVar(arr);
    write("arr[1] == " + arr[1]);
}
```



Ausgabe: arr[1] == 0

Rekursive Funktionen

Animation ist nur in der Vorlesungsversion der Folien vorhanden.

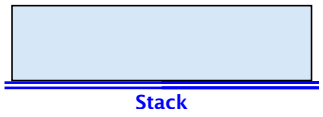
Rekursive Funktionen sind Funktionen, die s
(eventuell über Umwege).

Beispiel: Fakultätsberechnung

$$n! = \begin{cases} 1 & n = 0 \\ n \cdot (n-1)! & \text{sonst} \end{cases}$$

```
public static long fak(int n) {
    long tmp;

    if (n > 0) {
        tmp  = fak(n-1);
        tmp *= n;
        return tmp;
    }
    else return 1;
}
```

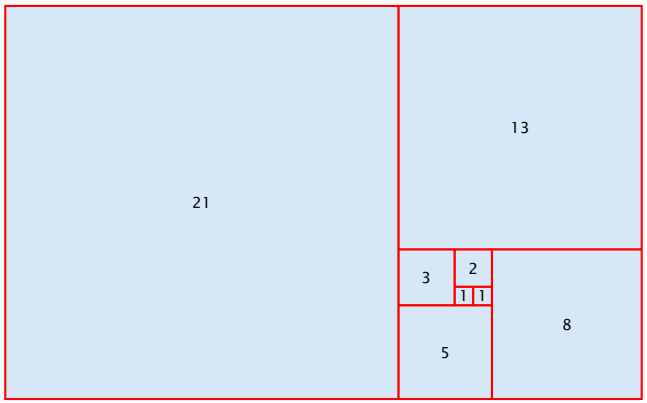


Vollständiger Code

```
1  public class Fakultaet {
2      public static long fak(int n) {
3          if (n > 0)
4              return n * fak(n-1);
5          else
6              return 1;
7      }
8      public static void main(String args[]) {
9          System.out.println(fak(20));
10     }
11 }
```

Fibonaccizahlen

$$F_n = \begin{cases} n & 0 \le n \le 1 \\ F_{n-1} + F_{n-2} & n \ge 2 \end{cases}$$



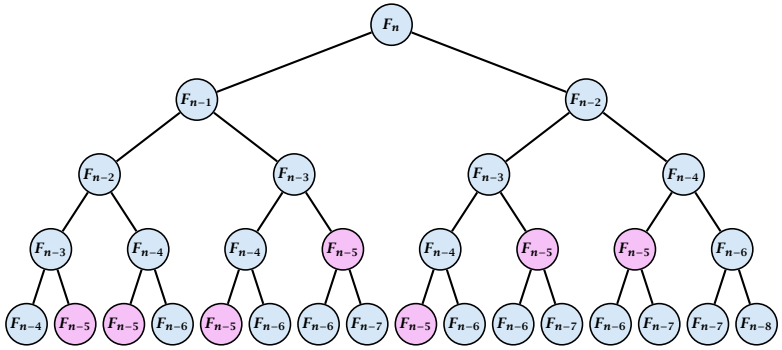
Vollständiger Code

```
1  public class Fibonacci {
2      public static long fib(int n) {
3          if (n > 1)
4              return fib(n-1)+fib(n-2);
5          else
6              return n;
7      }
8
9      public static void main(String args[]) {
10         System.out.println(fib(50));
11     }
12 }
```

Fibonaccizahlen

Programmlauf benötigt mehr als 1min.

Warum ist das so langsam?



Wir erzeugen viele rekursive Aufrufe für die gleichen Teilprobleme!

Fibonaccizahlen

Lösung

- Speichere die Lösung für ein Teilproblem in einer globalen Variable.
- Wenn das Teilproblem das nächste mal gelöst werden soll braucht man nur nachzuschauen...

Vollständiger Code

```
1  public class FibonacciImproved {
2      // F_93 does not fit into a long
3      static long[] lookup = new long[93];
4
5      public static long fib(int n) {
6          if (lookup[n] > 0) return lookup[n];
7
8          if (n > 1) {
9              lookup[n] = fib(n-1)+fib(n-2);
10             return lookup[n];
11         } else
12             return n;
13     }
14     public static void main(String args[]) {
15         System.out.println(fib(50));
16     }
17 }
```

Hier nutzen wir die Tatsache, dass der new-Operator long-Variablen mit dem Wert Null initialisert.

Achtung: lokale Variablen werden nicht initialisiert.