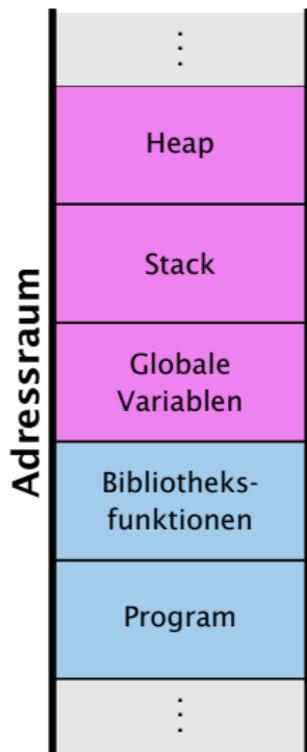


6 Speicherorganisation

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** = **L**ast **I**n **F**irst **O**ut).

Statische Variablen

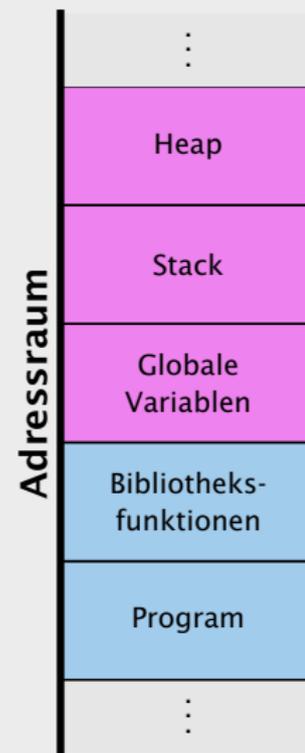
Statische Variablen werden zu Beginn des Programms angelegt, und zum Ende des Programms wieder gelöscht.

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.



Statische Variablen (auch Klassenvariablen) werden im Klassenrumpf **ausserhalb** einer Funktion definiert.

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

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** = **L**ast **I**n **F**irst **O**ut).

Statische Variablen

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

Beispiel – Statische Variablen

```
1 public class GGT extends MiniJava {
2     static int x, y;
3     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 }
```

Statische Variablen

Statische Variablen (auch Klassenvariablen) werden im Klassenrumpf **ausserhalb** einer Funktion definiert.

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

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
```

Beispiel – Statische Variablen

```
1 public class GGT extends MiniJava {  
2     static int x, y;  
3     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

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

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 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 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 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.

Verwendung des Heaps

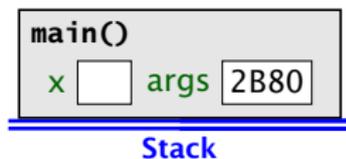
Beispiel:

```
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.

Parameterübergabe – Call-by-Value

```
public static void setVar(int z) {  
    z = 1;  
}  
  
public static void main(String[] args) {  
    int x;  
    x = 0;  
    setVar(x);  
  
    write("x == " + x);  
}
```



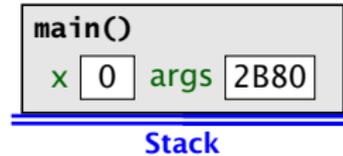
Das ist die einzige Form der Parameterübergabe, die **Java** unterstützt.

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

```
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.

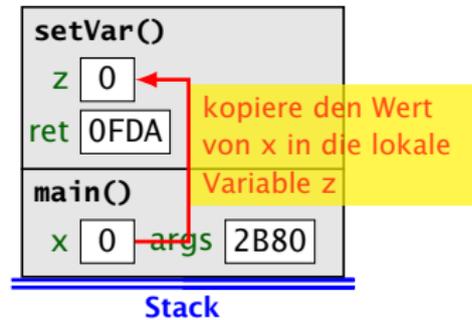
Verwendung des Stacks

- ▶ 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

```
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.

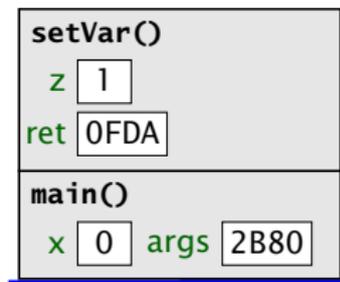
Verwendung des Stacks

- ▶ 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

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

```
public static void main(String[] args) {  
    int x;  
    x = 0;  
    setVar(x);  
  
    write("x == " + x);  
}
```



Stack

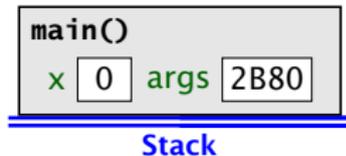
Das ist die einzige Form der Parameterübergabe, die Java unterstützt.

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

```
public static void setVar(int z) {  
    z = 1;  
}  
  
public static void main(String[] args) {  
    int x;  
    x = 0;  
    setVar(x);  
    write("x == " + x);  
}
```



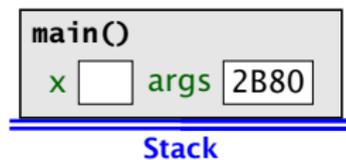
Das ist die einzige Form der Parameterübergabe, die **Java** unterstützt.

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-Reference

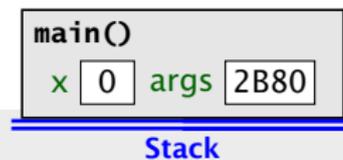
```
public static void setVar(int &z) {  
    z = 1;  
}  
  
public static void main(String[] args) {  
    int x;  
    x = 0;  
    setVar(x);  
  
    write("x == " + x);  
}
```



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

Parameterübergabe – Call-by-Value

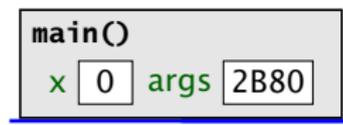
```
public static void setVar(int z) {  
    z = 1;  
}  
  
public static void main(String[] args) {  
    int x;  
    x = 0;  
    setVar(x);  
  
    write("x == " + x);  
}
```



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

Parameterübergabe – Call-by-Reference

```
public static void setVar(int &z) {  
    z = 1;  
}  
  
public static void main(String[] args) {  
    int x;  
    x = 0;  
    setVar(x);  
  
    write("x == " + x);  
}
```

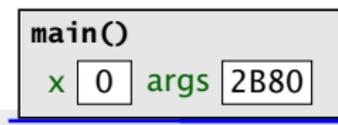


Stack

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

Parameterübergabe – Call-by-Value

```
public static void setVar(int z) {  
    z = 1;  
}  
  
public static void main(String[] args) {  
    int x;  
    x = 0;  
    setVar(x);  
  
    write("x == " + x);  
}
```



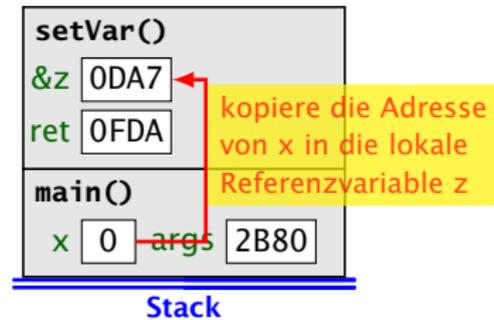
Stack

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

Parameterübergabe – Call-by-Reference

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

```
public static void main(String[] args) {  
    int x;  
    x = 0;  
    setVar(x);  
  
    write("x == " + x);  
}
```

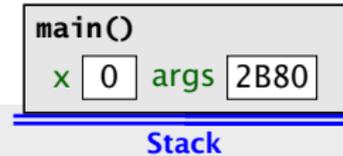


Diese Form der Parameterübergabe ist in **Java** nicht möglich, aber z.B. in **C++**.

Parameterübergabe – Call-by-Value

```
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-Reference

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

```
public static void main(String[] args) {  
    int x;  
    x = 0;  
    setVar(x);  
  
    write("x == " + x);  
}
```



Stack

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

Parameterübergabe – Call-by-Value

```
public static void setVar(int z) {  
    z = 1;  
}  
  
public static void main(String[] args) {  
    int x;  
    x = 0;  
    setVar(x);  
  
    write("x == " + x);  
}
```



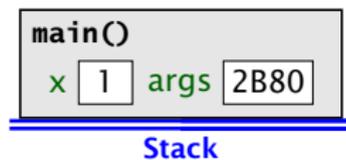
Stack

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

Parameterübergabe – Call-by-Reference

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

```
public static void main(String[] args) {  
    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];

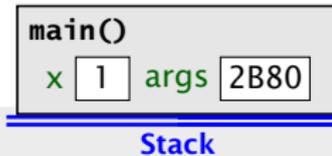
    setVar(arr);
    write("arr[1] == " + arr[1]);
}
```

Ausgabe: **arr[1] == 1**

Parameterübergabe – Call-by-Reference

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

public static void main(String[] args) {
    int x;
    x = 0;
    setVar(x);
    write("x == " + x);
}
```



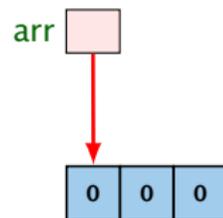
Diese Form der Parameterübergabe ist in **Java** nicht möglich, aber z.B. in **C++**.

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;  
}
```

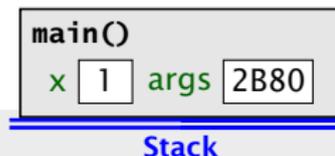
```
public static void main(String[] args) {  
    // initialize array elements to 0  
    int[] arr = new int[3];  
  
    setVar(arr);  
    write("arr[1] == " + arr[1]);  
}
```



Ausgabe: **arr[1] == 1**

Parameterübergabe – Call-by-Reference

```
public static void setVar(int &z) {  
    z = 1;  
}  
  
public static void main(String[] args) {  
    int x;  
    x = 0;  
    setVar(x);  
    write("x == " + x);  
}
```



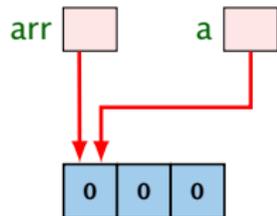
Diese Form der Parameterübergabe ist in **Java** nicht möglich,
aber z.B. in **C++**.

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;  
}
```

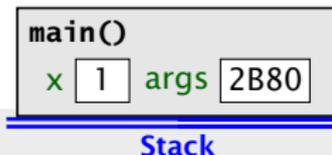
```
public static void main(String[] args) {  
    // initialize array elements to 0  
    int[] arr = new int[3];  
  
    setVar(arr);  
    write("arr[1] == " + arr[1]);  
}
```



Ausgabe: **arr[1] == 1**

Parameterübergabe – Call-by-Reference

```
public static void setVar(int &z) {  
    z = 1;  
}  
  
public static void main(String[] args) {  
    int x;  
    x = 0;  
    setVar(x);  
    write("x == " + x);  
}
```



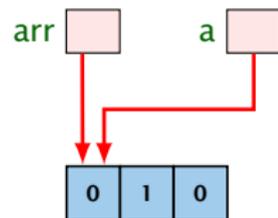
Diese Form der Parameterübergabe ist in **Java** nicht möglich, aber z.B. in **C++**.

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;  
}
```

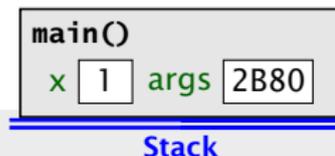
```
public static void main(String[] args) {  
    // initialize array elements to 0  
    int[] arr = new int[3];  
  
    setVar(arr);  
    write("arr[1] == " + arr[1]);  
}
```



Ausgabe: **arr[1] == 1**

Parameterübergabe – Call-by-Reference

```
public static void setVar(int &z) {  
    z = 1;  
}  
  
public static void main(String[] args) {  
    int x;  
    x = 0;  
    setVar(x);  
    write("x == " + x);  
}
```

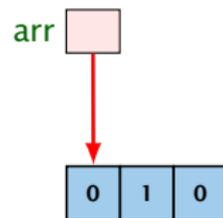


Diese Form der Parameterübergabe ist in **Java** nicht möglich,
aber z.B. in **C++**.

Parameterübergabe – Referenzvariablen

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

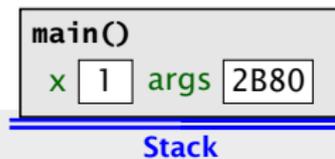
```
public static void setVar(int[] a) {  
    a[1] = 1;  
}  
  
public static void main(String[] args) {  
    // initialize array elements to 0  
    int[] arr = new int[3];  
  
    setVar(arr);  
    write("arr[1] == " + arr[1]);  
}
```



Ausgabe: **arr[1] == 1**

Parameterübergabe – Call-by-Reference

```
public static void setVar(int &z) {  
    z = 1;  
}  
  
public static void main(String[] args) {  
    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

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`

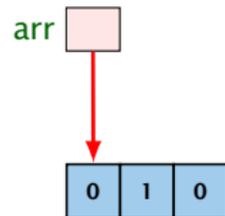
Parameterübergabe – Referenzvariablen

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`

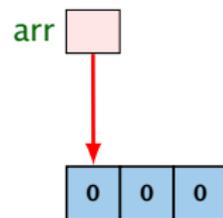
Parameterübergabe – Referenzvariablen

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]);  
}
```

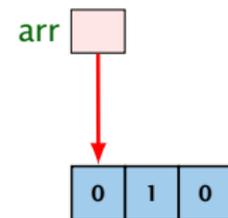
Ausgabe: `arr[1] == 0`



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`

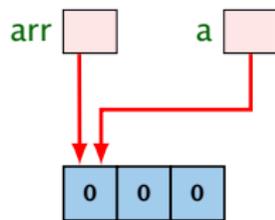
Parameterübergabe – Referenzvariablen

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]);  
}
```

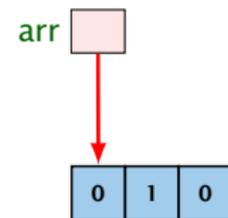
Ausgabe: `arr[1] == 0`



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`

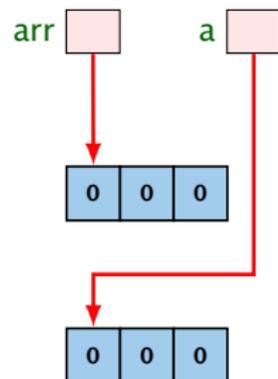
Parameterübergabe – Referenzvariablen

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]);  
}
```

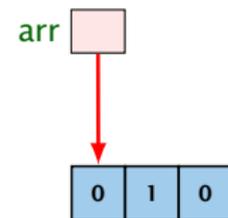
Ausgabe: `arr[1] == 0`



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`

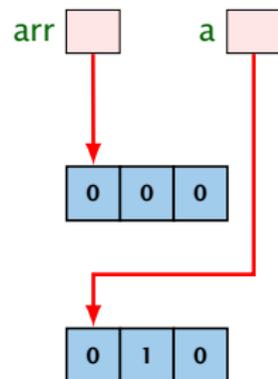
Parameterübergabe – Referenzvariablen

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]);  
}
```

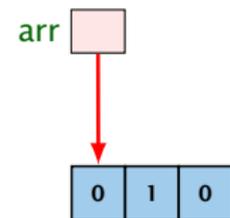
Ausgabe: `arr[1] == 0`



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`

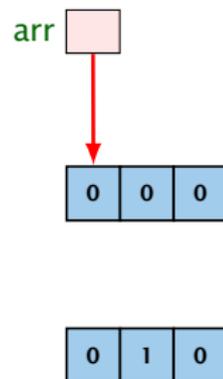
Parameterübergabe – Referenzvariablen

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]);  
}
```

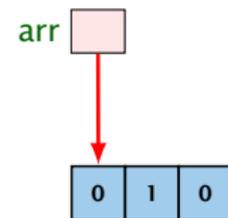
Ausgabe: `arr[1] == 0`



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`

Rekursive Funktionen

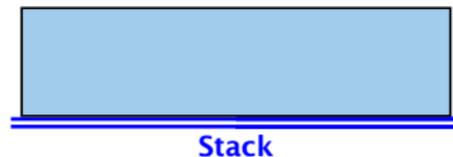
Rekursive Funktionen sind Funktionen, die sich selber aufrufen (eventuell über Umwege).

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;
}
```

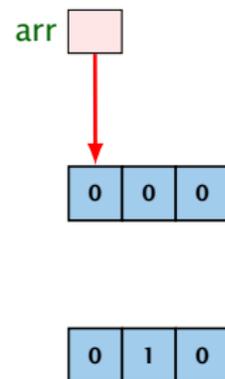


Parameterübergabe – Referenzvariablen

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

Rekursive Funktionen sind Funktionen, die sich selber aufrufen (eventuell über Umwege).

Beispiel: Fakultätsberechnung

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

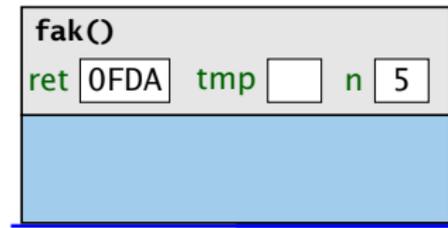
```
public static long fak(int n) {
```

```
    long tmp;
```

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

```
    else return 1;
```

```
}
```

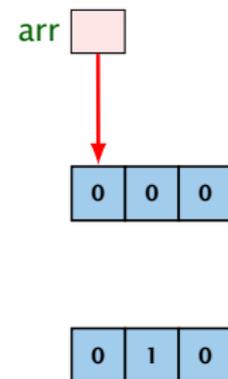


Parameterübergabe – Referenzvariablen

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

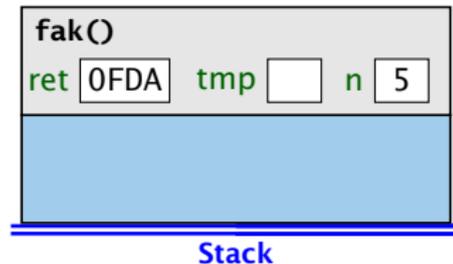
Rekursive Funktionen sind Funktionen, die sich selber aufrufen (eventuell über Umwege).

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;
}
```

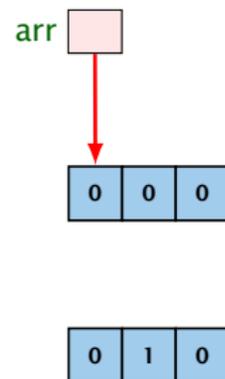


Parameterübergabe – Referenzvariablen

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

Rekursive Funktionen sind Funktionen, die sich selber aufrufen (eventuell über Umwege).

Beispiel: Fakultätsberechnung

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

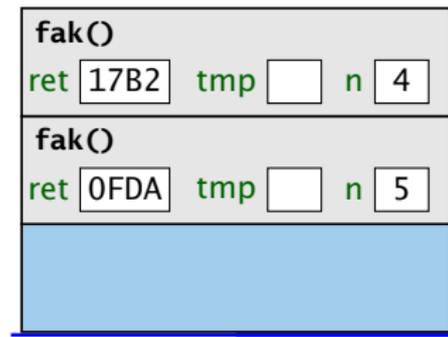
```
public static long fak(int n) {
```

```
    long tmp;
```

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

```
    else return 1;
```

```
}
```



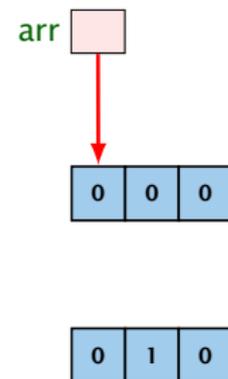
Stack

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

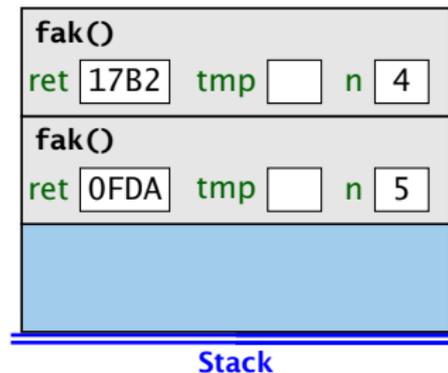
Rekursive Funktionen sind Funktionen, die sich selber aufrufen (eventuell über Umwege).

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;
}
```

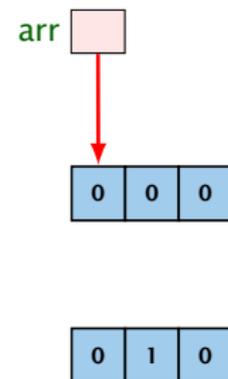


Parameterübergabe – Referenzvariablen

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

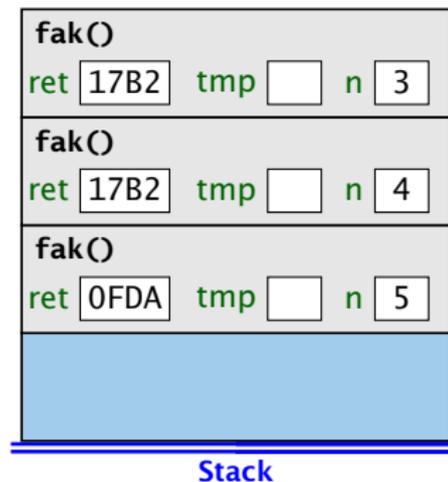
Rekursive Funktionen sind Funktionen, die sich selber aufrufen (eventuell über Umwege).

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;
}
```

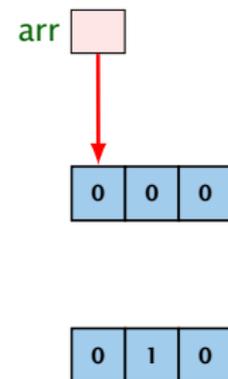


Parameterübergabe – Referenzvariablen

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

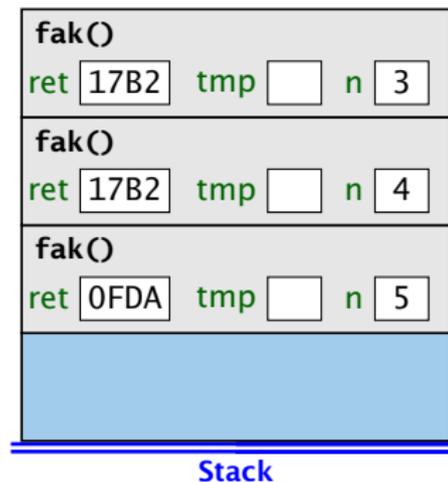
Rekursive Funktionen

Rekursive Funktionen sind Funktionen, die sich selber aufrufen (eventuell über Umwege).

Beispiel: Fakultätsberechnung

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

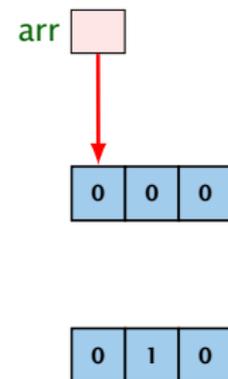
```
public static long fak(int n) {  
    long tmp;  
  
    if (n > 0) {  
        tmp = fak(n-1);  
        tmp *= n;  
        return tmp;  
    }  
    else return 1;  
}
```



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

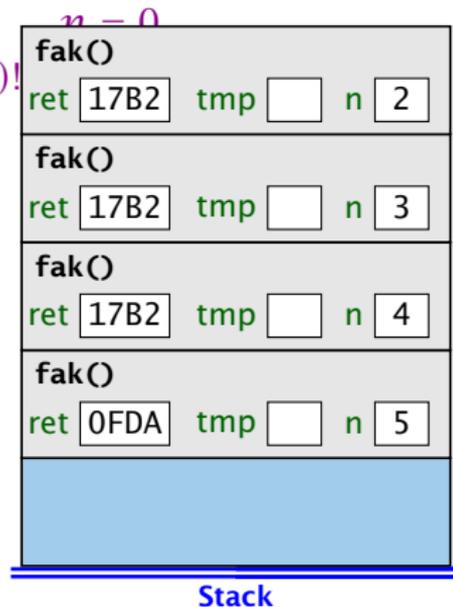
Rekursive Funktionen sind Funktionen, die sich selber aufrufen (eventuell über Umwege).

Beispiel: Fakultätsberechnung

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

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

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

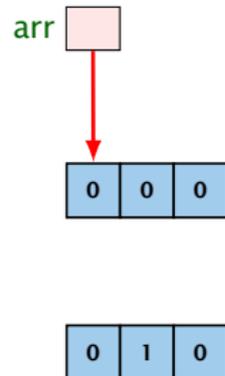


Parameterübergabe – Referenzvariablen

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

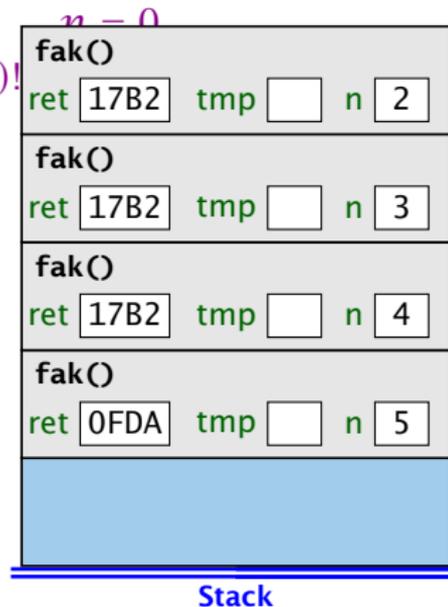
Rekursive Funktionen

Rekursive Funktionen sind Funktionen, die sich selber aufrufen (eventuell über Umwege).

Beispiel: Fakultätsberechnung

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

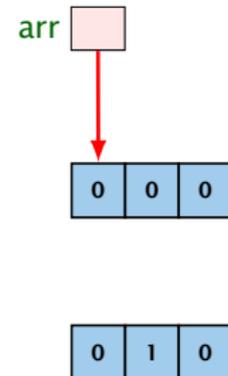
```
public static long fak(int n) {  
    long tmp;  
  
    if (n > 0) {  
        tmp = fak(n-1);  
        tmp *= n;  
        return tmp;  
    }  
    else return 1;  
}
```



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

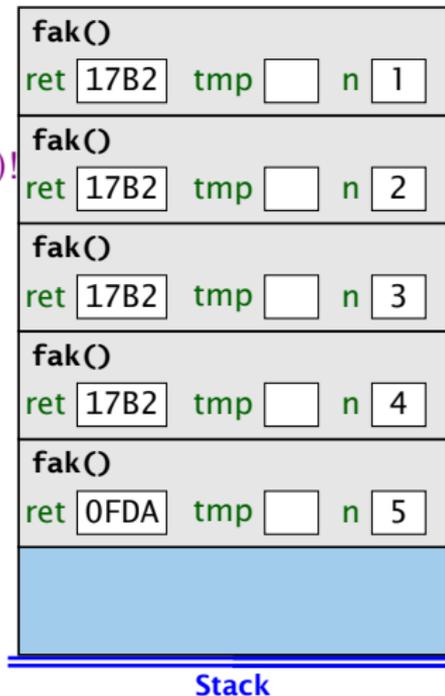
Rekursive Funktionen

Rekursive Funktionen sind Funktionen, die sich selber aufrufen (eventuell über Umwege).

Beispiel: Fakultätsberechnung

$$n! = \begin{cases} 1 \\ n \cdot (n-1)! \end{cases}$$

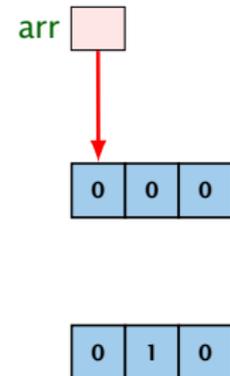
```
public static long fak(int n) {  
    long tmp;  
  
    if (n > 0) {  
        tmp = fak(n-1);  
        tmp *= n;  
        return tmp;  
    }  
    else return 1;  
}
```



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

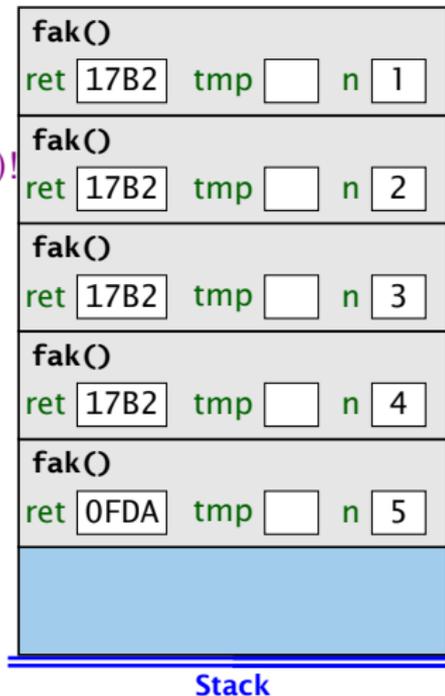
Rekursive Funktionen

Rekursive Funktionen sind Funktionen, die sich selber aufrufen (eventuell über Umwege).

Beispiel: Fakultätsberechnung

$$n! = \begin{cases} 1 \\ n \cdot (n-1)! \end{cases}$$

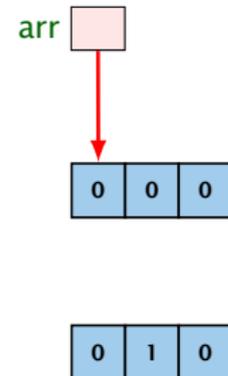
```
public static long fak(int n) {  
    long tmp;  
  
    if (n > 0) {  
        tmp = fak(n-1);  
        tmp *= n;  
        return tmp;  
    }  
    else return 1;  
}
```



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

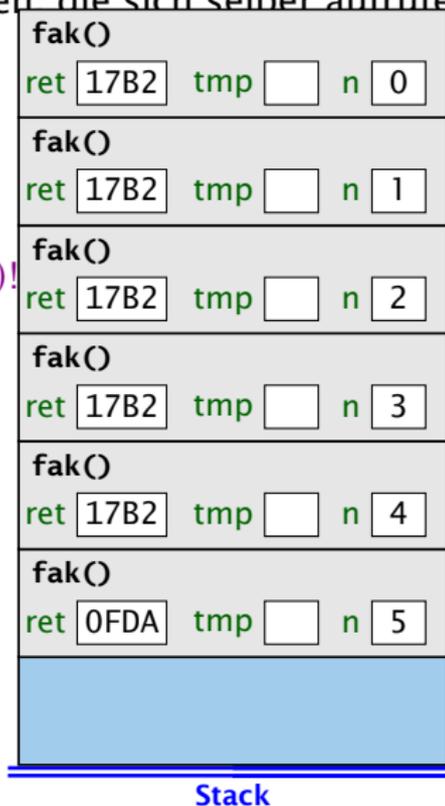
Rekursive Funktionen

Rekursive Funktionen sind Funktionen, die sich selber aufrufen (eventuell über Umwege).

Beispiel: Fakultätsberechnung

$$n! = \begin{cases} 1 \\ n \cdot (n-1)! \end{cases}$$

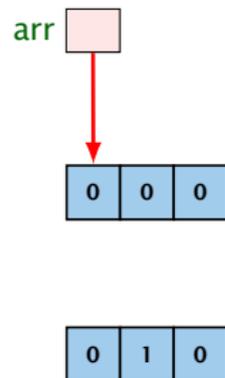
```
public static long fak(int n) {  
    long tmp;  
  
    if (n > 0) {  
        tmp = fak(n-1);  
        tmp *= n;  
        return tmp;  
    }  
    else return 1;  
}
```



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

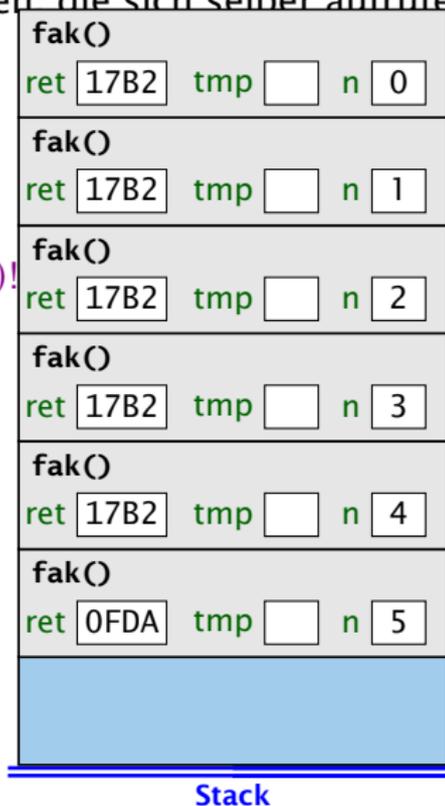
Rekursive Funktionen sind Funktionen, die sich selber aufrufen (eventuell über Umwege).

Beispiel: Fakultätsberechnung

$$n! = \begin{cases} 1 \\ n \cdot (n-1)! \end{cases}$$

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

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

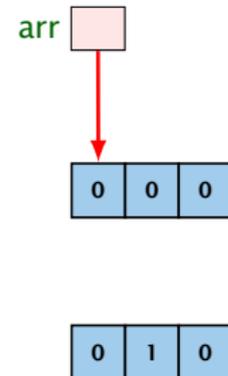


Parameterübergabe - Referenzvariablen

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

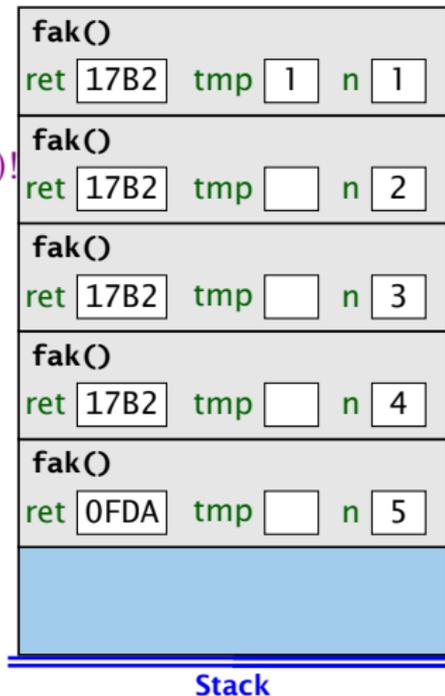
Rekursive Funktionen sind Funktionen, die sich selber aufrufen (eventuell über Umwege).

Beispiel: Fakultätsberechnung

$$n! = \begin{cases} 1 \\ n \cdot (n-1)! \end{cases}$$

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

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

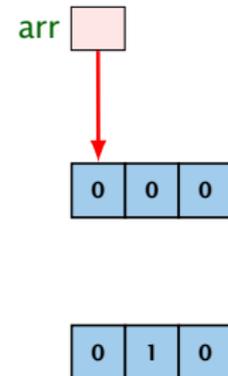


Parameterübergabe – Referenzvariablen

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

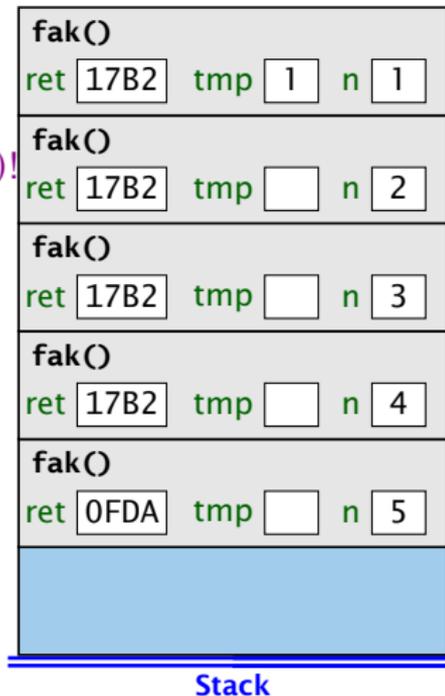
Rekursive Funktionen

Rekursive Funktionen sind Funktionen, die sich selber aufrufen (eventuell über Umwege).

Beispiel: Fakultätsberechnung

$$n! = \begin{cases} 1 \\ n \cdot (n-1)! \end{cases}$$

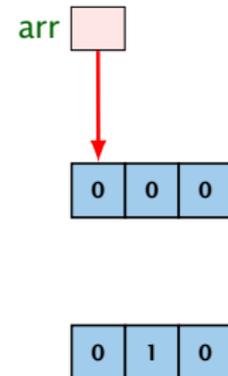
```
public static long fak(int n) {  
    long tmp;  
  
    if (n > 0) {  
        tmp = fak(n-1);  
        tmp *= n;  
        return tmp;  
    }  
    else return 1;  
}
```



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

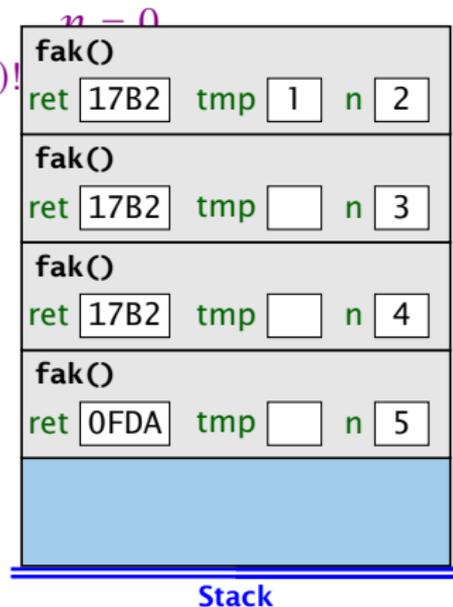
Rekursive Funktionen

Rekursive Funktionen sind Funktionen, die sich selber aufrufen (eventuell über Umwege).

Beispiel: Fakultätsberechnung

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

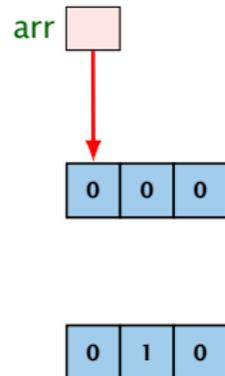
```
public static long fak(int n) {  
    long tmp;  
  
    if (n > 0) {  
        tmp = fak(n-1);  
        tmp *= n;  
        return tmp;  
    }  
    else return 1;  
}
```



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

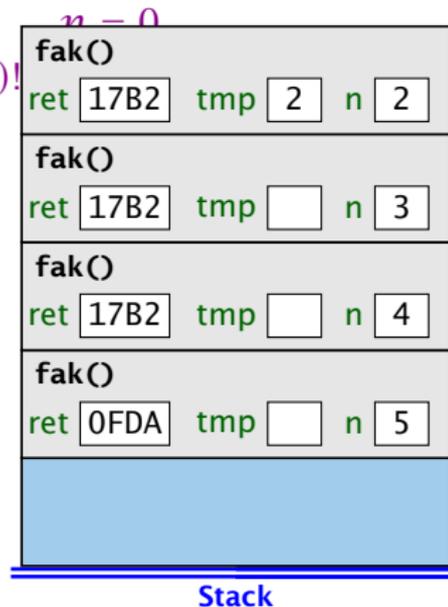
Rekursive Funktionen sind Funktionen, die sich selber aufrufen (eventuell über Umwege).

Beispiel: Fakultätsberechnung

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

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

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

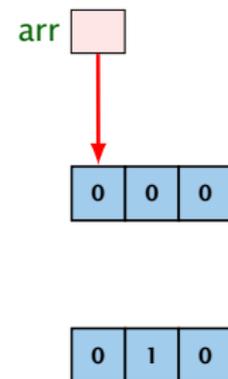


Parameterübergabe – Referenzvariablen

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

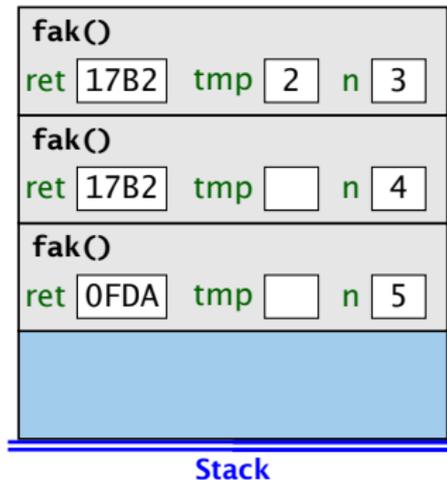
Rekursive Funktionen sind Funktionen, die sich selber aufrufen (eventuell über Umwege).

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;
}
```

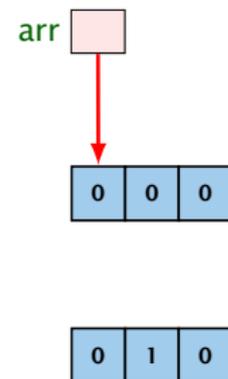


Parameterübergabe – Referenzvariablen

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

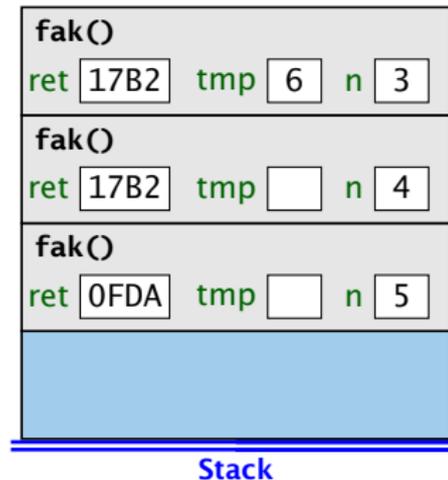
Rekursive Funktionen sind Funktionen, die sich selber aufrufen (eventuell über Umwege).

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;
}
```

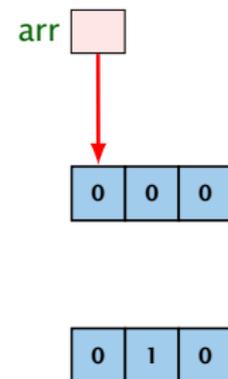


Parameterübergabe – Referenzvariablen

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

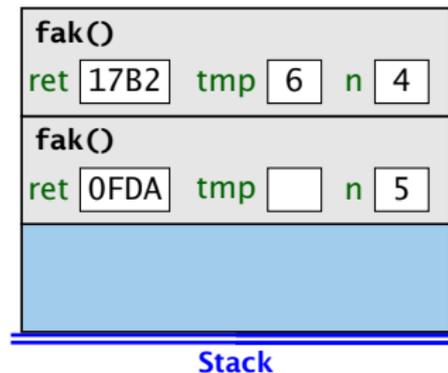
Rekursive Funktionen sind Funktionen, die sich selber aufrufen (eventuell über Umwege).

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;
}
```

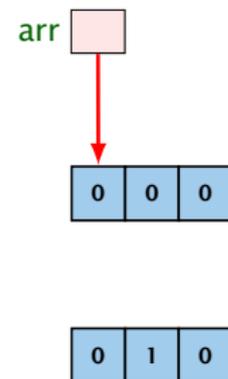


Parameterübergabe – Referenzvariablen

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

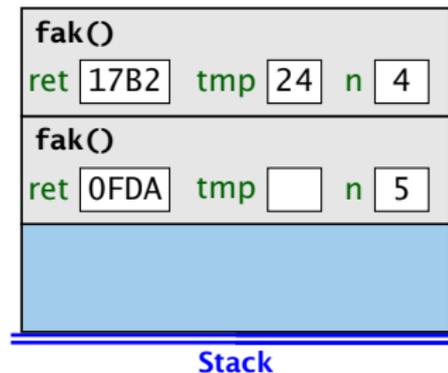
Rekursive Funktionen sind Funktionen, die sich selber aufrufen (eventuell über Umwege).

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;
}
```

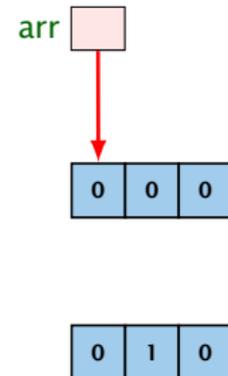


Parameterübergabe – Referenzvariablen

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

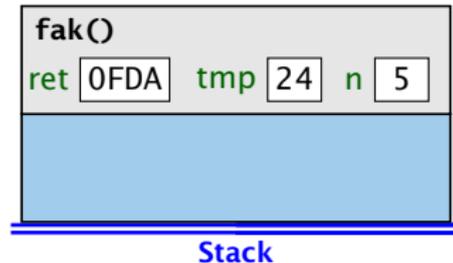
Rekursive Funktionen sind Funktionen, die sich selber aufrufen (eventuell über Umwege).

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;
}
```

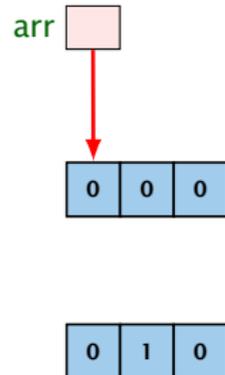


Parameterübergabe – Referenzvariablen

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

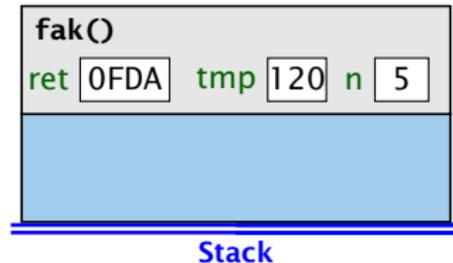
Rekursive Funktionen sind Funktionen, die sich selber aufrufen (eventuell über Umwege).

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;
}
```

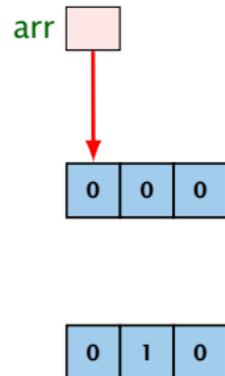


Parameterübergabe – Referenzvariablen

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

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 }
```

Rekursive Funktionen

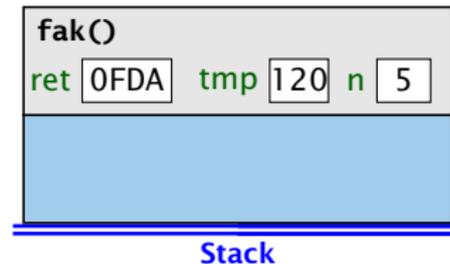
Rekursive Funktionen sind Funktionen, die sich selber aufrufen (eventuell über Umwege).

Beispiel: Fakultätsberechnung

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

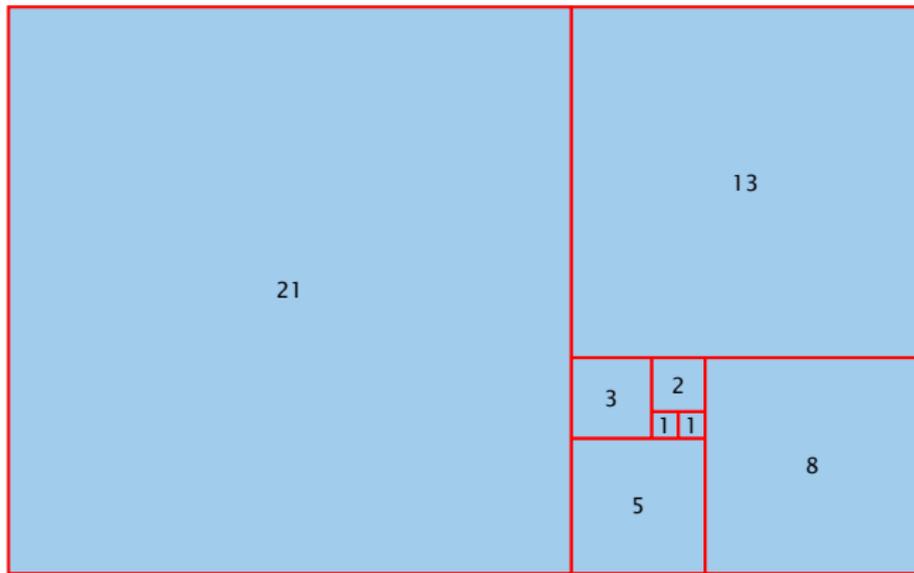
```
public static long fak(int n) {
    long tmp;

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



Fibonaccizahlen

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



Vollständiger Code

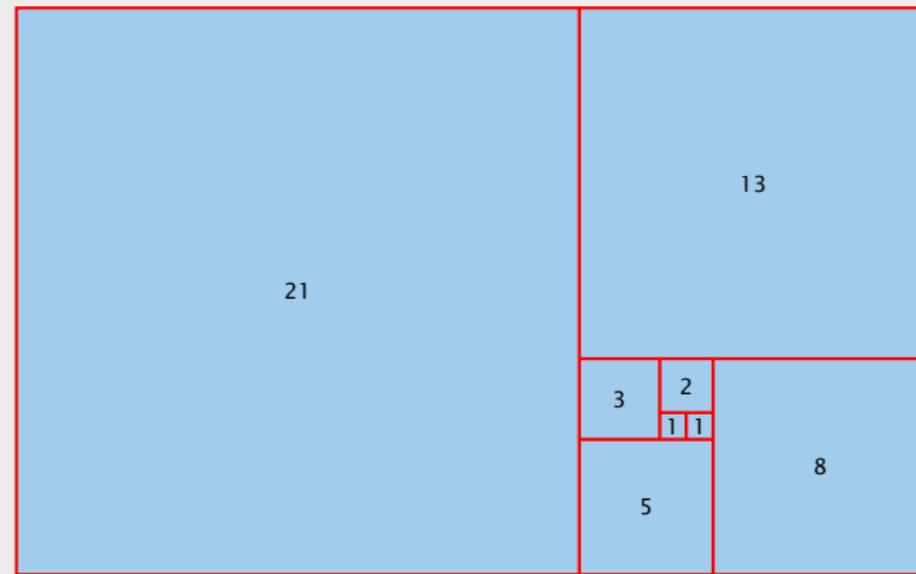
```
1 public class Fakultaet {  
2     public static long fak(int n) {  
3         if (n > 0)  
4             return n*fak(n-1);  
5         else  
6             return 1;  
7     }  
8     public static void main(String args[]) {  
9         System.out.println(fak(20));  
10    }  
11 }
```

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

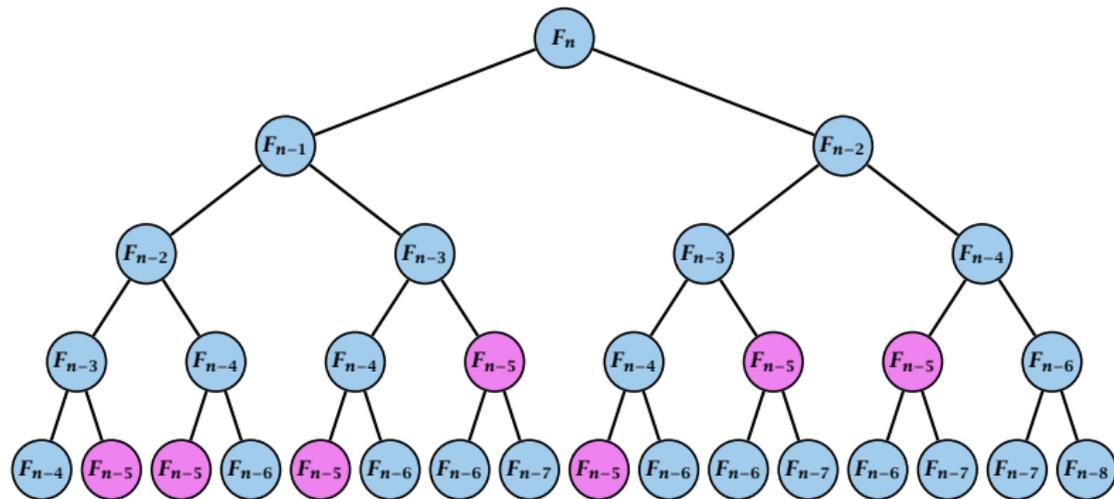
$$F_n = \begin{cases} n & 0 \leq n \leq 1 \\ F_{n-1} + F_{n-2} & n \geq 2 \end{cases}$$



Fibonaccizahlen

Programmlauf benötigt mehr als 1 min.

Warum ist das so langsam?



Wir erzeugen viele rekursive Aufrufe für die gleichen Teilprobleme!

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

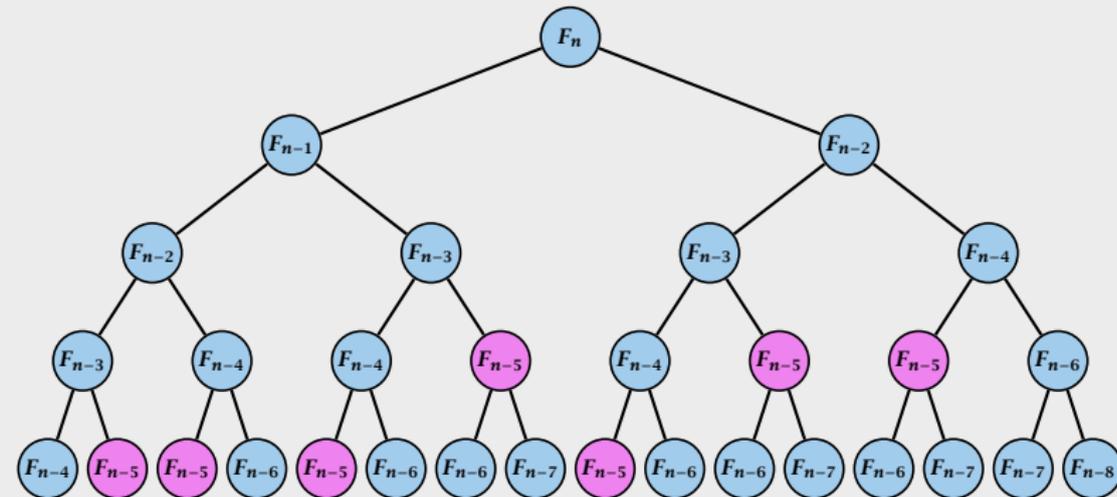
Lösung

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

Fibonaccizahlen

Programmmlauf benötigt mehr als 1 min.

Warum ist das so langsam?



Wir erzeugen viele rekursive Aufrufe für die gleichen Teilprobleme!

Vollständiger Code

```
1 public class FibonacciImproved {
2     // F93 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 }
```

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...