

# Kapitel 4

---

## Kontrollstrukturen

↳ kontrollieren den Ablauf

## Ziele

- Kontrollstrukturen in imperativen Programmen kennenlernen und verstehen.
- Realisierung der Kontrollstrukturen in Java.

## Anweisungen

- **Anweisungen (Statements)** sind die Grundelemente imperativer Programmiersprachen zur Festlegung (Kontrolle) des Ablaufs eines Programms.
- Wir unterscheiden folgende **grundlegende Arten** von Anweisungen:

### Syntax:

*Statement =*

<i>VariableDeclaration</i>	Deklarationsanweisung
<i>Assignment</i>	Zuweisung
<i>Block</i>	Block
<i>Conditional</i>	Fallunterscheidung
<i>Iteration</i>	Wiederholungsanweisung

(*Statement* wird später erweitert)

- Durch Ausführung einer Anweisung wird ein „alter“ Zustand in einen „neuen“ Zustand überführt (**Semantik!**). *↳ Anweisung ↳*

## Deklarationsanweisungen

Eine Deklarationsanweisung nennt man auch **lokale Variablendeklaration**.

Syntax (Wiederholung):

*VariableDeclaration* =

*Type* *VariableDeclarator* { " " *VariableDeclarator* } " ; "

*VariableDeclarator* = *NamedVariable* [ " = " *Expression* ]

Beispiel:

`int x = 5 y = 7;`

Wirkung:

Es wird ein Speicherplatz angelegt, auf den mit dem symbolischen **Namen** der deklarierten Variablen zugegriffen werden kann.

Dort wird ein „Default“-Wert oder der durch *Expression* bestimmte Initialwert gespeichert. Z.B. [ (x, 5) , (y, 7) ]

## Zuweisungen

### Syntax:

*Assignment* = *Variable* " = " *Expression* " ; "

### Wirkung:

1. Bei der **Zuweisung** wird der Wert von *Expression* im „alten“ Zustand berechnet.
2. Dieser Wert wird im Nachfolgezustand der Variablen *Variable* als neuer Wert zugewiesen.

Beispiel:  $\sigma$   $[(x, 5), (y, 7)]$   $x = 2 * x + y;$   $[(x, 17), (y, 7)]$   $\sigma'$

*alter Zustand*  $= 8 + 7$

**Beachte** den Unterschied zwischen „=“ (Zuweisung) und „==“ (Vergleich)!

### Nebenbedingung:

- (1) Der Typ der Variablen muss mit dem Typ des Ausdrucks verträglich sein.
- (2) Die Variable muss vorher deklariert sein.

## Zuweisung: Abkürzende Schreibweisen

### Abkürzungen

`x++;` steht für `x = x + 1;`

`x--;` steht für `x = x - 1;`

`x operation= Ausdruck;` steht für `x = x operation Ausdruck;`

### Beispiele

`x += y;` steht für `x = x + y;`

`b &= c;` steht für `b = b & c;`

`x += 3 * y;` steht für `x = x + (3 * y);`

## Block

Ein **Block** fügt mehrere Anweisungen durch geschweifte Klammern zu einer einzigen Anweisung zusammen.

Syntax:

$Block = " \{ " \{ Statement \} " \} "$

Terminalsymbole  
in Java

EBNF-Operator für  
Wiederholung

Wirkung:

Die Anweisungen werden in der Reihenfolge der Aufschreibung ausgeführt. Der durch einen Block bewirkte Zustandsübergang erfolgt also durch Hintereinanderausführung der Zustandsübergänge der einzelnen Anweisungen.

Beispiel:

$[(x, 5), (y, 7)] \quad x = 2 * x + y; \quad [(x, 17), (y, 7)] \quad y = x - 2; \quad [(x, 17), (y, 15)]$

Also:  $[(x, 5), (y, 7)] \quad \{ x = 2 * x + y; \quad y = x - 2; \} \quad [(x, 17), (y, 15)]$

## Gültigkeitsbereich

- Der **Gültigkeitsbereich** einer lokalen Variablen ist der Block, in dem die Variable deklariert wurde. Außerhalb dieses Blocks *existiert die Variable nicht*.
- Blöcke können geschachtelt werden.
- In einem untergeordneten Block sind Variable eines übergeordneten Blocks gültig und dürfen dort nicht noch einmal deklariert werden.

### Beispiel:

```

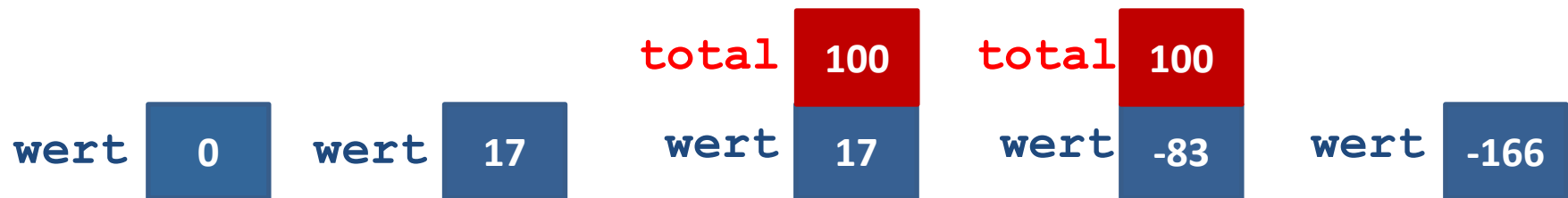
1.  {
    int wert = 0;
    wert = wert + 17;
    1.1 { int wert = 0;
        int total = 100;
        wert = wert - total;
    }
    wert = 2 * wert; + total
  }
  
```

} Gültigkeitsbereich von total
 } Gültigkeitsbereich von wert



## Veränderung des Speichers

```
1.  {  
    int wert = 0;  
    wert = wert + 17;  
    1.1 {  
        int total = 100;  
        wert = wert - total;  
    }  
    wert = 2 * wert;  
}
```

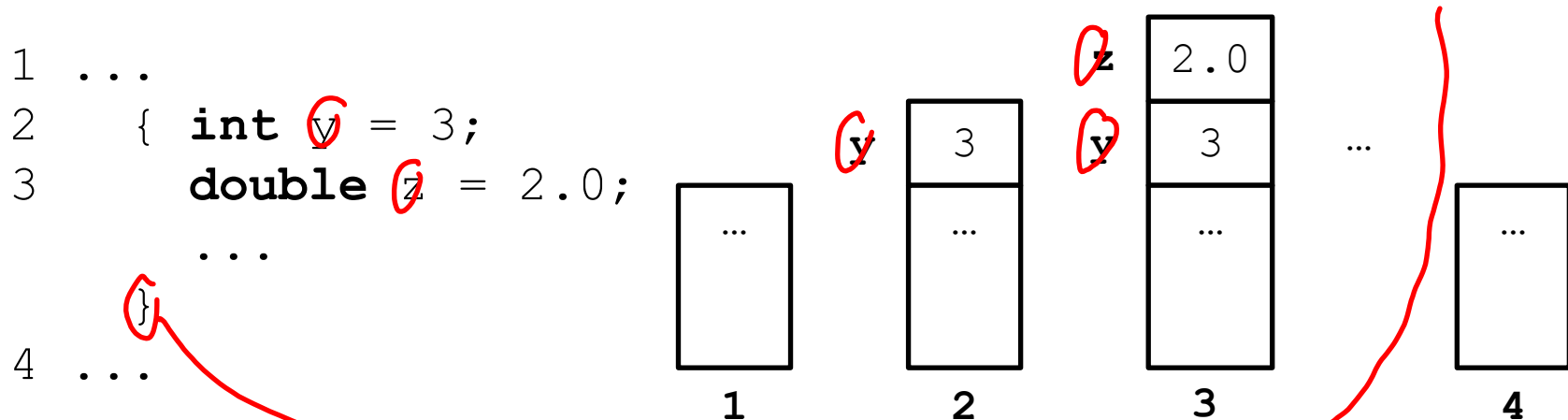


1.

1.1

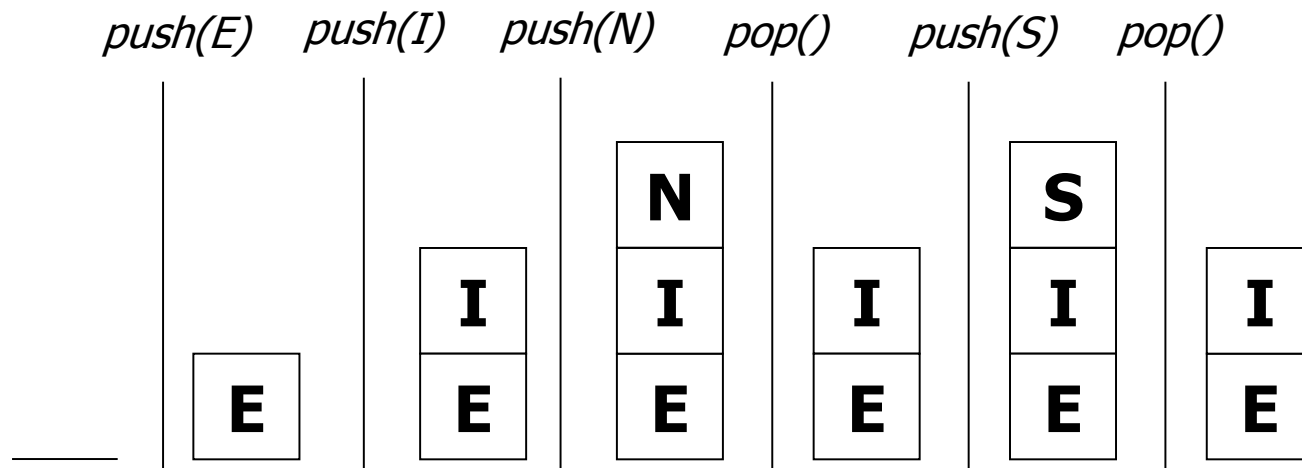
## Lokale Variablen im Speicher

- Lokale Variablen werden **stapelartig** im Speicher abgelegt.
- Wird eine Variablendeklaration abgearbeitet, so wird ein neuer Speicherplatz für diese Variable oben auf den Stapel gelegt (allokiert).
- Am Ende eines Blocks werden alle Variablen (von oben) vom Stapel genommen, die in diesem Block deklariert wurden.



## Exkurs: Stack (auch Keller, Stapelspeicher)

- Ein **Stack** ist eine Datenstruktur, in die Elemente eingefügt und in entgegengesetzter Reihenfolge wieder herausgenommen werden können.  
(LIFO — Last In, First Out)
- Grundoperationen
  - *push(e)* — legt das Element *e* oben auf den Stapel
  - *pop()* — entfernt das oberste Element vom Stapel (und liefert es als Ergebnis)
  - *top()* — liefert das oberste Element als Ergebnis, ohne den Stapel zu verändern



## Fallunterscheidungen (Bedingte Anweisungen)

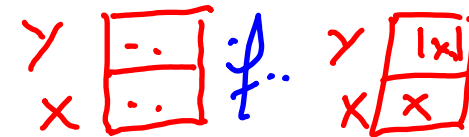
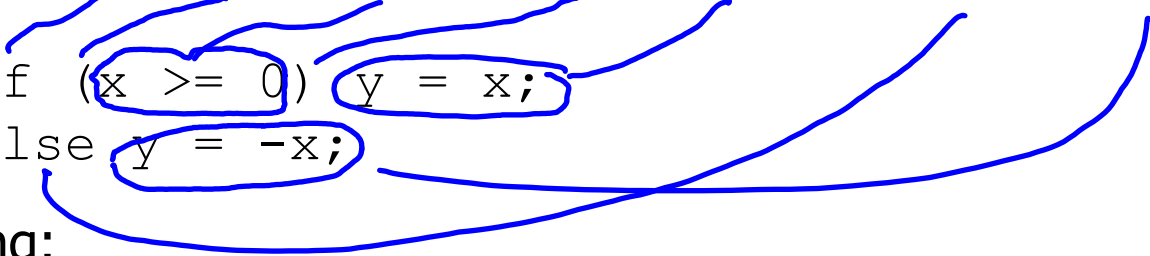
### Syntax:

*Conditional* = *IfStatement* | *SwitchStatement* (wird nicht behandelt)

*IfStatement* = " **if** " " ( " *Expression* " ) " *Statement* [ " **else** " *Statement* ]

### Beispiel:

```
if (x >= 0) y = x;  
else y = -x;
```



### Nebenbedingung:

Der Typ des Ausdrucks *Expression* muss `boolean` sein.

### Wirkung:

Wenn die Auswertung von *Expression* im aktuellen Zustand den Wert `true` ergibt, wird das erste *Statement* ausgeführt.

Wenn die Auswertung von *Expression* im aktuellen Zustand den Wert `false` ergibt **und** ein `else`-Zweig vorhanden ist, wird das zweite *Statement* ausgeführt.

## Fallunterscheidungen: Beispiele

### Beispiel 1:

```
if (kontoStand >= betrag)
    kontoStand = kontoStand - betrag - abhebe_gebuehr;
```

### Beispiel 2:

```
if (kontoStand >= betrag)
    kontoStand = kontoStand - betrag - abhebe_gebuehr;
else
    kontoStand = kontoStand - betrag - (abhebe_gebuehr + ueberzieh_gebuehr);
```

## Was ist hier semantisch falsch?

```
if (kontoStand >= betrag)
    kontoStand = kontoStand - betrag - abhebe_gebuehr;
else
    gebuehren = (abhebe_gebuehr + ueberzieh_gebuehr);
kontoStand = kontoStand - betrag - gebuehren;
```

Der Betrag und die Gebühren werden hier immer vom letzten Kontostand abgezogen. Richtig ist:

```
if (kontoStand >= betrag)
    kontoStand = kontoStand - betrag - abhebe_gebuehr;
else {
    gebuehren = (abhebe_gebuehr + ueberzieh_gebuehr);
    kontoStand = kontoStand - betrag - gebuehren;
}
```

Block  
{  
}

Blockbildung ist nötig, wenn ein Fall mehrere Anweisungen umschließen soll!

## Dangling else (1)

```
if (!kontoGesperrt)
    if (kontoStand >= betrag) {
        kontoStand = kontoStand - betrag - abhebe_gebuehr;
        System.out.println("Abhebung erfolgreich.");
    }
else
    System.out.println("Abhebung nicht erlaubt.");
```

### Vorsicht!

Das `else` bezieht sich auf das zweite `if` und wird nicht ausgeführt, wenn das Konto gesperrt ist.

Um dies deutlich zu machen, hätte man das `else` in der Formatierung einrücken sollen.

## Dangling else (2)

```
if (!kontoGesperrt)
    if (kontoStand >= betrag) {
        kontoStand = kontoStand - betrag - abhebe_gebuehr;
        System.out.println("Abhebung erfolgreich.");
    }
else
    System.out.println("Abhebung nicht erlaubt, da
        Konto nicht gedeckt.");
```



## Dangling else (3)

```
if (!kontoGesperrt) {  
    if (kontoStand >= betrag) {  
        kontoStand = kontoStand - betrag - abhebe_gebuehr;  
        System.out.println("Abhebung erfolgreich.");  
    }  
}  
else  
    System.out.println("Abhebung nicht erlaubt, da Konto  
    gesperrt.");
```

## Dangling else (4)

```
if (!kontoGesperrt) {  
    if (kontoStand >= betrag) {  
        kontoStand = kontoStand - betrag - abhebe_gebuehr;  
        System.out.println("Abhebung erfolgreich.");  
    }  
    else  
        System.out.println("Abhebung nicht erlaubt, da  
            Konto nicht gedeckt.");  
}  
else  
    System.out.println("Abhebung nicht erlaubt, da Konto  
        gesperrt.");
```

## Wiederholungsanweisungen (Iterationen)

Wir unterscheiden 3 Arten von Wiederholungsanweisungen:

Syntax:

*Iteration* =

*WhileStatement*

! *ForStatement*

! *DoStatement* (wird nicht behandelt)

Mit den dann zur Verfügung stehenden Anweisungen (insbesondere While-Anweisungen) können **alle berechenbaren Funktionen** programmiert werden!

## While-Anweisungen

### Syntax:

*WhileStatement* =  
" **while** " " ( " *Expression* " ) " *Statement*

Schleifenbedingung      Schleifenkörper

### Beispiel:

```
int i = 1; // Generator  
int s = 0; // Akkumulator  
while (i <= 100) {  
    s = s+i; i = i + 1; //oder i++;  
}
```

Block

$$0 + 1 + 2 + \dots + 100$$
$$\sum_{i=0}^{100} i = 5050$$
$$\sum_{i=0}^n i = \frac{n \cdot (n+1)}{2}$$

### Nebenbedingung:

Der Typ des Ausdrucks *Expression* muss boolean sein.

### Wirkung:

Solange die Auswertung von *Expression* den Wert `true` ergibt, wird die Anweisung *Statement* ausgeführt.

## While-Anweisungen: Beispiele

Beispiel: Zahlen von 1 bis 10 ausdrucken

```

{ int n = 1; // iterater
  int end = 10; // Eingabevariable
  while (n <= end) {
    System.out.println(n);
    n++;
  }
}
    
```

*Eingabevariable + iterater*

Beispiel: Quersumme einer Zahl x berechnen:

```

{ int x = 352;
  int qs = 0;
  while (x > 0) {
    qs = qs + x % 10;
    x = x / 10;
  }
}
    
```

*Abkürzung iterater*

qs	0	2	7	10
x	352	35	3	0
	↑	↑	↑	

## Methodische Richtlinien

1. Bestimmung der Anfangswerte der Variablen vor Eintritt in die While-Anweisung.
2. Bestimmung der Schleifenbedingung.
3. Formulierung des Schleifenrumpfes.
4. Vergewissern, dass die Schleifenbedingung nach endlich vielen Ausführungen des Rumpfes nicht mehr erfüllt ist.

**Sonst terminiert die While-Anweisung nicht!**

```
{ int x = 352;
  int qs = 0;
  while (x > 0) {
    qs = qs + x % 10;
  }
}
```

Terminiert nicht für  $x > 0$  !

*← Iterationsbedingung erfüllt  
hier  $x = x / 10$ ;*

## For-Anweisungen

- Häufige Form einer Schleifenanweisung ist:

```
{ int i = start; //Initialisierung einer Iteratorvariablen
  while (i < end) { // Grenze für Iterator
    ...
    i++; // konstante Änderung des Iterators (hier +1)
  }
}
```

- Abkürzende Schreibweise durch eine For-Anweisung:

```
for (int i = start; i < end; i++) {
  ...
}
```

## Bevorzugte Form von For-Anweisungen

```
for (Deklaration der Iteratorvariablen mit Startwert ;  
      Test, ob Iterator den Endwert noch nicht erreicht hat ;  
      Iteratoränderung ) {  
    Schleifenrumpf  
}
```

- Erst wird die Deklaration und Initialisierung der Iteratorvariablen ausgeführt.
- Solange der Iterator den Endwert nicht erreicht hat, wird der Schleifenrumpf gefolgt von der Iteratoränderung ausgeführt.
- Die in der Initialisierung deklarierte Iteratorvariable ist nur im Rumpf gültig.
- Der Schleifenrumpf ist eine Anweisung, die selbst wieder eine For-Anweisung sein kann (geschachteltes „for“).
- Im Schleifenrumpf soll der Iterator, der Startwert und der Endwert nicht verändert werden.