

# Einführung in die Programmierung

Wintersemester 2020/21

## Kapitel 3: Kontrollstrukturen

M.Sc. Roman Kalkreuth

Lehrstuhl für Algorithm Engineering (LS11)

Fakultät für Informatik

## Inhalt

- Wiederholungen
  - **while**
  - **do-while**
  - **for**
- Auswahl (Verzweigungen)
  - **if-then-else**
  - **switch-case-default**

## Steuerung des Programmablaufes

- Bisher: Linearer Ablauf des Programms

```
Anweisung;  
Anweisung;  
Anweisung;  
...  
Anweisung;
```



- Oder bedingt etwas zusätzlich:

```
Anweisung;  
if ( Bedingung ) Anweisung;  
Anweisung;
```

## Steuerung des Programmablaufes: Wiederholungen

- Die `while`-Schleife

```
while ( Bedingung erfüllt ) { ← Schleifenkopf
    Anweisungen ausführen    ← Schleifenrumpf
}
```

**Solange die Bedingung erfüllt ist**, werden die Anweisungen zwischen den geschweiften Klammern `{ }` ausgeführt.

Danach wird hinter dem Schleifenrumpf fortgefahren.

Falls Rumpf nur eine Anweisung enthält, können Klammern `{ }` entfallen.

## Steuerung des Programmablaufes: Wiederholungen

- Die `while`-Schleife

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main() {
    int x = 0;
    while (x < 10) {
        cout << x << " ";
        x = x + 1;
    }
    cout << endl;
    return 0;
}
```

Ausgabe:

**0 1 2 3 4 5 6 7 8 9**

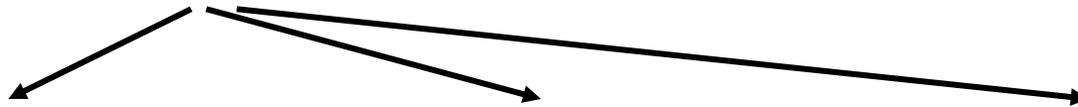
## Steuerung des Programmablaufes: Wiederholungen

- Die `while`-Schleife

**Achtung:**

Im Schleifenrumpf sollte eine **Veränderung** vorkommen, die den Wahrheitswert der Bedingung im Schleifenkopf beeinflusst!

⇒ Ansonsten: **Endlosschleife!**



```
int k = 0, x = 1;
while (k < 10) {
    x = x + 1;
}
```

Bedingung `k < 10`  
wird niemals **false**

```
int k = 0, x = 1;
while (true) {
    x = x + 1;
}
```

Bedingung immer  
**true**, niemals **false**

```
int k = 0, x = 1;
while ( 5 ) {
    x = x + 1;
}
```

Bedingung interpretiert  
als Konstante **true**

## Steuerung des Programmablaufes: Wiederholungen

- Die `while`-Schleife

Ausgabe des druckbaren Standardzeichensatzes von C++ in 16er-Blöcken

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main() {
    unsigned char c = 32;
    while (c <= 127) {
        cout << c;
        c = c + 1;
        if (c % 16 == 0)
            cout << endl;
    }
    return 0;
}
```

Veränderung

## Steuerung des Programmablaufes: Wiederholungen

- Die `do/while`-Schleife

```
do {  
    Anweisungen ausführen  
} while ( Bedingung erfüllt );
```

Schleifenrumpf

Schleifenfuß

Der Rechner tritt **auf jeden Fall** in den Schleifenrumpf ein, d.h. die Anweisungen zwischen den geschweiften Klammern `{}` werden ausgeführt.

**Erst danach** wird die Bedingung **zum ersten Mal** geprüft.

Solange Bedingung erfüllt ist, wird der Schleifenrumpf ausgeführt.

Danach wird hinter dem Schleifenfuß fortgefahren.

Falls der Rumpf nur eine Anweisung enthält, können Klammern `{}` entfallen.

## Steuerung des Programmablaufes: Wiederholungen

- Die `do/while`-Schleife

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main() {
    int x = 0;
    do {
        cout << x << " ";
        x = x + 1;
    } while (x < 10);
    cout << endl;
    return 0;
}
```

Ausgabe:

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

### **Achtung!**

Der Schleifenrumpf wird bei `do/while` immer mindestens einmal durchlaufen – auch wenn die Schleifenbedingung nicht erfüllt ist.

**Das ist nicht notwendigerweise das gewünschte Verhalten!**

## Steuerung des Programmablaufes: Wiederholungen

- Umformulieren einer `while`-Schleife als `do/while`-Schleife

```
while (Bedingung erfüllt) {  
    Anweisungen ausführen;  
}
```



```
if (Bedingung erfüllt) {  
    do {  
        Anweisungen ausführen;  
    } while (Bedingung erfüllt);  
}
```

## Steuerung des Programmablaufes: Wiederholungen

- Umformulieren einer `do/while`-Schleife als `while`-Schleife

```
do {  
    Anweisungen ausführen;  
} while (Bedingung erfüllt);
```



```
Anweisungen ausführen;  
while (Bedingung erfüllt) {  
    Anweisungen ausführen;  
}
```

## Steuerung des Programmablaufes: Wiederholungen

- Wann ist die `do/while`-Schleife sinnvoll?

Wenn wir zur Zeit der Programmerstellung wissen, dass der Schleifenrumpf **mindestens einmal** durchlaufen werden soll.



```
int n;  
do {  
    cout << "Anzahl Sterne (1-8): ";  
    cin >> n;  
} while (n < 1 || n > 8);  
while (n--)  
    cout << '*';
```

Verlangt Eingabe einer Zahl so lange bis der Wert zwischen 1 und 8 ist

Kurzschreibweise `n--`:  
Erniedrigt `n` um 1, Wert des gesamten Ausdrucks der von `n` vor der Erniedrigung

- Exkurs: Kurzschreibweisen für Inkrement / Dekrement

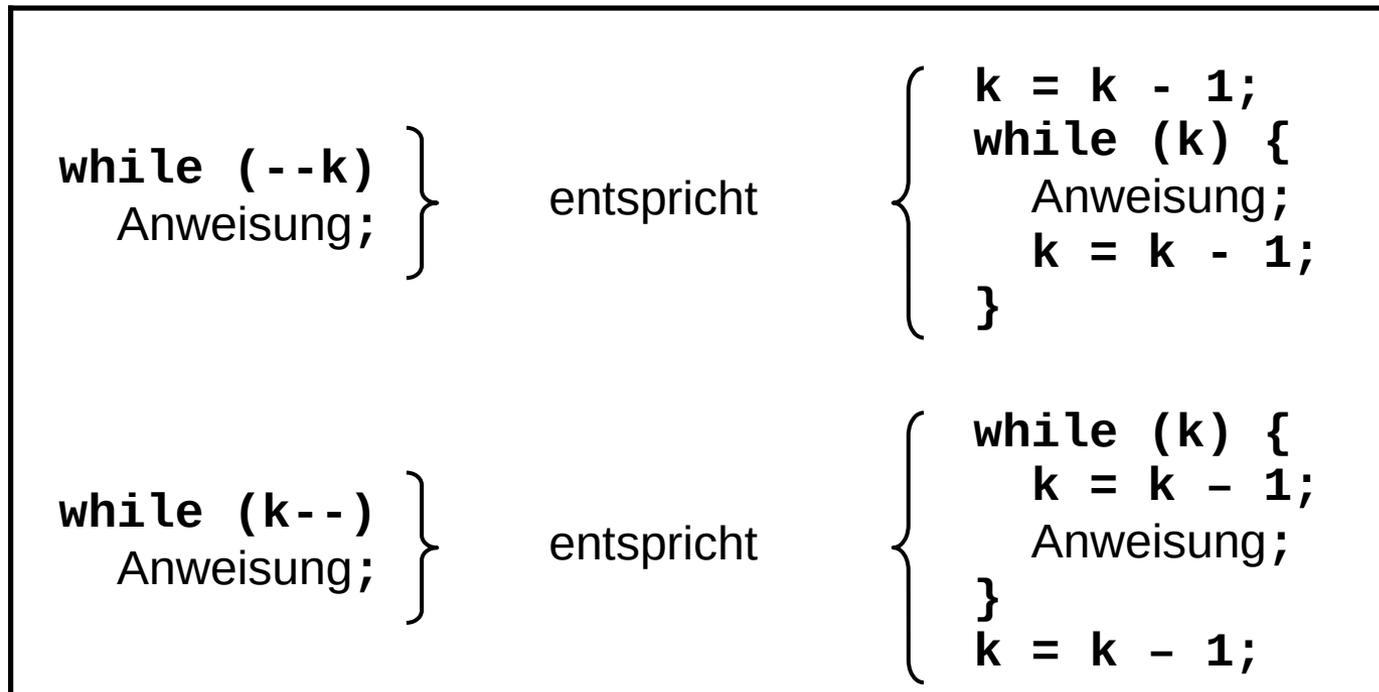
`x = ++k;` entspricht `k = k + 1; x = k;`

`x = k++;` entspricht `x = k; k = k + 1;`

`x = --k;` entspricht `k = k - 1; x = k;`

`x = k--;` entspricht `x = k; k = k - 1;`

- Exkurs: Kurzschreibweisen für Inkrement / Dekrement



(analog für ++k und k++)

- Exkurs: Kurzschreibweisen für Zuweisungen

<code>k += 5;</code>	entspricht	<code>k = k + 5;</code>
<code>k -= j-1;</code>	entspricht	<code>k = k - (j-1);</code>
<code>k *= i+2;</code>	entspricht	<code>k = k * (i+2);</code>
<code>k /= i*2-1;</code>	entspricht	<code>k = k / (i*2-1);</code>
<code>k %= 16;</code>	entspricht	<code>k = k % 16;</code>
<code>k = i = j = 1;</code>	entspricht	<code>k = (i = (j = 1));</code>

## Steuerung des Programmablaufes: Wiederholungen

- Die for – Schleife

```
for ( Initialisierung; Bedingung; Veränderung ) {  
    Anweisungen ausführen;  
}
```

← Schleifenkopf

← Schleifenrumpf

Bei der **Initialisierung** wird Startwert des Schleifenzählers festgelegt.

Die **Bedingung** prüft, ob Endwert des Schleifenzählers noch nicht erreicht ist.

Mit der **Veränderung** wird die Bedingung beeinflusst.

## Steuerung des Programmablaufes: Wiederholungen

- Die for – Schleife

```
for ( Initialisierung; Bedingung; Veränderung ) {  
    Anweisungen ausführen;  
}
```

1. Zuerst wird der Schleifenzähler initialisiert.
2. Falls Bedingung erfüllt:
  - a) Führe Anweisungen aus.
  - b) Führe Veränderung aus.
  - c) Weiter mit 2.
3. Falls Bedingung nicht erfüllt: Fahre nach Schleifenrumpf fort.

## Steuerung des Programmablaufes: Wiederholungen

- Die for – Schleife: Beispiele

A) `for (k = 0; k < 10; k++) cout << k << ' ' ;`

Ausgabe:

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

B) `for (k = 0; k < 10; k += 2) cout << k << ' ' ;`

Ausgabe:

0 2 4 6 8

## Steuerung des Programmablaufes: Wiederholungen

- Die for – Schleife: Beispiele

C) 

```
float x;  
for (x = 0.0; x <= 3.0; x += 0.1)  
    cout << x << " : " << x*x << endl;
```

D) 

```
enum tagT { MO, DI, MI, DO, FR, SA, SO };  
tagT tag;  
int at = 0;  
for (tag = MO; tag <= FR; tag=tagT(tag+1)) at++;  
cout << "Arbeitstage: " << at << endl;
```

„böser“  
cast



E) 

```
enum tagT { MO, DI, MI, DO, FR, SA, SO };  
int tag, at = 0;  
for (tag = MO; tag <= FR; tag++) at++;  
cout << "Arbeitstage: " << at << endl;
```

## Steuerung des Programmablaufes: Wiederholungen

- Die for – Schleife:

Initialisierung, Bedingung, Veränderung sind **optional!**

```
int i = 9;
for ( ; i >= 0; i--) cout << i << " ";
```

```
int i = 10;
for ( ; --i >= 0; ) cout << i << " ";
```

```
int i = 10;
for ( ; i > 0; ) { i--; cout << i << " ";
```

```
int i = 10;
for ( ; ; ) cout << i << " ";
```

identische  
Ausgabe:  
Ziffern 9 bis 0  
abwärts

Endlos-  
  
schleife!

## Steuerung des Programmablaufes: Wiederholungen

- Die **break** – Anweisung (Teil 1)

Alternative Beendigungen von Schleifen:

```
for (i = 0; ; ) {  
    cout << i << " ";  
    if (i > 9)  
        break;  
    i++;  
}
```

Die **break** – Anweisung **unterbricht die Schleife sofort**, es wird direkt hinter dem Schleifenrumpf fortgefahren.

(Das funktioniert auch in Schleifenrumpfen von **while** und **do/while**.)

## Steuerung des Programmablaufes: Wiederholungen

- Die **break** – Anweisung (Teil 1)

Alternative Beendigungen von Schleifen:

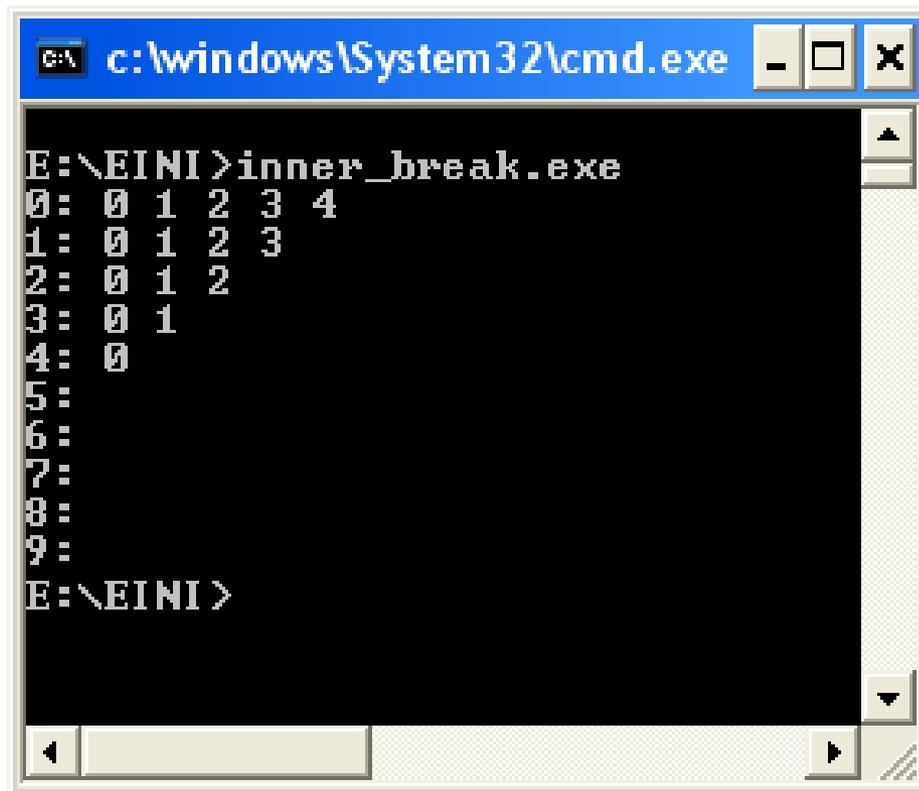
```
for (i = 0; i < 10; i++) {  
    cout << i << ": ";  
    for (j = 0; j < 10; j++) {  
        if (i + j >= 5)  
            break;  
        cout << j << " ";  
    }  
    cout << endl;  
}
```

Die **break** – Anweisung unterbricht **nur die aktuelle Schleife** sofort (in diesem Fall also die „innere“ for-Schleife).

## Steuerung des Programmablaufes: Wiederholungen

- Die `break` – Anweisung (Teil 1)

Ausgabe:



```
c:\windows\System32\cmd.exe
E:\EINI>inner_break.exe
0: 0 1 2 3 4
1: 0 1 2 3
2: 0 1 2
3: 0 1
4: 0
5:
6:
7:
8:
9:
E:\EINI>
```

Die `break` – Anweisung unterbricht **nur die aktuelle Schleife** sofort.

## Steuerung des Programmablaufes: Wiederholungen

- Die berüchtigte `goto` – Anweisung: `goto Bezeichner;`

Alternative Beendigungen von Schleifen:

```
for (i = 0; ; ) {  
    cout << i << " ";  
    if (i > 9) goto marke;  
    i++;  
}  
marke: cout << "Schleife beendet!";
```



Bei der `goto` – Anweisung wird sofort **zur angegebenen Markierung** gesprungen, also direkt bei der Markierung fortgefahren.

(Das funktioniert auch in Schleifenrümpfen von `while` und `do/while`.)

**Die Verwendung von `goto` ist niemals notwendig! Unbedingt vermeiden!**

## Steuerung des Programmablaufes: Wiederholungen

- **Die `continue` – Anweisung:**

Erzwingt einen sofortigen Sprung **an das Schleifenende**.

Nur der **aktuelle** Schleifendurchlauf wird beendet, nicht die ganze Schleife (wie bei **break**).

```
for (i = 0; i < 10; i++) {  
    Anweisungen ausführen;  
    if (Bedingung) continue;  
    Anweisungen ausführen;  
}
```

(Das funktioniert auch in Schleifenrümpfen von **while** und **do/while**.)

## Steuerung des Programmablaufes: Wiederholungen

- **Die `continue` – Anweisung:**

Ermöglicht manchmal besser lesbaren / nachvollziehbaren Programmcode.  
Ist niemals wirklich notwendig.

```
for (i = 0; i < 10; i++) {  
    Anweisungen ausführen;  
    if (Bedingung) continue;  
    Anweisungen ausführen;  
}
```



```
for (i = 0; i < 10; i++) {  
    Anweisungen ausführen;  
    if (!Bedingung) {  
        Anweisungen ausführen;  
    }  
}
```

## Steuerung des Programmablaufes: Wiederholungen

- Umformulieren einer `for` – Schleife als `while` – Schleife:

```
for ( Initialisierung; Bedingung; Veränderung ) {  
    Anweisungen ausführen;  
}
```



```
Initialisierung;  
while ( Bedingung ) {  
    Anweisungen ausführen;  
    Veränderung;  
}
```

## Steuerung des Programmablaufes: Wiederholungen

- Umformulieren einer `while` – Schleife als `for` – Schleife:

```
while ( Bedingung ) {  
    Anweisungen ausführen;  
}
```



```
for ( ; Bedingung; ) {  
    Anweisungen ausführen;  
}
```

## Steuerung des Programmablaufes: Auswahl

- Einseitige Auswahl: `if`

```
if (Bedingung)  
  Anweisung;
```

nur eine Anweisung ausführen

```
if (Bedingung) {  
  Anweisung;  
  Anweisung;  
  ...  
  Anweisung;  
}
```

einen ganzen **Block** von Anweisungen ausführen

Wenn die Bedingung erfüllt ist,  
dann wird die Anweisung oder der Block von Anweisungen ausgeführt,  
sonst eben nicht!

## Steuerung des Programmablaufes: Auswahl

- **Zweiseitige Auswahl: `if else`**

```
if (Bedingung)
  Anweisung1;
else
  Anweisung2;
```

wenn Bedingung erfüllt,  
dann Anweisung1 ausführen,  
ansonsten  
Anweisung2 ausführen!

```
if (Bedingung) {
  Anweisungsblock1;
} ←
else {
  Anweisungsblock2;
}
```

**Achtung!**  
Hier kein Semikolon hinter  
der Klammer `}` erlaubt!

## Steuerung des Programmablaufes: Auswahl

- **Zweiseitige Auswahl: if else**

Beispiel:

```
if (kunde.umsatz >= 100000) {  
    kunde.bonus = 5000;  
    kunde.skonto = 0.03;  
    kunde.status = GuterKunde;  
} else {  
    kunde.bonus = 2000;  
    kunde.skonto = 0.02;  
    kunde.status = NormalerKunde;  
}
```

```
enum StatusT = {  
    GuterKunde,  
    NormalerKunde,  
    SchlechterKunde  
};  
struct KundeT {  
    int umsatz;  
    int bonus;  
    float skonto;  
    statusT status;  
};
```

## Steuerung des Programmablaufes: Auswahl

- Mehrfache Auswahl: `if else` - Schachtelung (*nesting*)

```
if ( Bedingung1 )
    if ( Bedingung2 )
        if ( Bedingung3 )
            Anweisung3;
        else
            Anweisung4;
```

### Achtung!

`else` bezieht sich auf das **letzte** `if`!  
(Egal, wie der Code formatiert wurde.)

Erfordert die gewünschte Logik einen anderen Bezug, dann **müssen** Klammern `{}` gesetzt werden.

**Empfehlung:** Bei (vermeintlicher) Mehrdeutigkeit immer Klammern setzen.

## Steuerung des Programmablaufes: Auswahl

- Mehrfache Auswahl: `if else` - Schachtelung (*nesting*)

```
if ( Bedingung0 )
  if ( Bedingung1 ) Anweisung1;
  else
    Anweisung2;
```

`else` bezieht sich auf **Bedingung1**

```
if ( Bedingung0 ) {
  if ( Bedingung1 ) Anweisung1;
}
else
  Anweisung2;
```

`else` bezieht sich auf **Bedingung0**

↓ äquivalent, aber ohne Klammern:

```
if ( !Bedingung0 ) Anweisung2;
else if ( Bedingung1 ) Anweisung1;
```

B0	B1	
F	F	A2
F	T	A2
T	F	-
T	T	A1

F: false  
T: true

## Steuerung des Programmablaufes: Auswahl

- Mehrfache Auswahl: `if else` - Schachtelung (*nesting*)

```
if ( a > b ) cout << "a > b";  
if ( a < b ) cout << "a < b";  
if ( a == b ) cout << "a == b";
```

**ohne** Schachtelung:  
immer 3 Vergleiche!

```
if ( a > b ) cout << "a > b";  
else  
    if ( a < b ) cout << "a < b";  
    else cout << "a == b";
```

**mit** Schachtelung:  
1 oder 2 Vergleiche!

⇒ Effizienzsteigerung: Schnelleres Programm!

## Steuerung des Programmablaufes: Auswahl

- Mehrfache Auswahl: `switch`

```
switch (Ausdruck) {  
    case c1: Anweisungen_1; break;  
    case c2: Anweisungen_2; break;  
  
    ...  
  
    case cn: Anweisungen_n; break;  
    default: Anweisungen;  
}
```

Der Ausdruck muss einen **abzählbaren Datentyp** ergeben:  
`char`, `short`, `int`, `long`, `enum`, `bool` (`false < true`)

Konstanten `c1` bis `cn` müssen **paarweise verschieden** sein.

Ist `Ausdruck == Wert` einer Konstanten, dann werden Anweisungen bis **break** ausgeführt; sonst Anweisungen von **default**.

## Steuerung des Programmablaufes: Auswahl

- Mehrfache Auswahl: `switch` ohne `default`

```
switch (Ausdruck) {  
    case c1: Anweisungen_1; break;  
    case c2: Anweisungen_2; break;  
  
    ...  
  
    case cn: Anweisungen_n; break;  
  
}
```

`default` – Zweig kann entfallen ⇒

**besser:** `default` mit leerer Anweisung

**noch besser:** `default` mit leerer Anweisung und Kommentar

Weglassen nur selten sinnvoll, z.B. bei `enum` (alle Werte werden unterschieden).  
Oder bei `bool` (nur 2 Werte), wo `if`-Anweisungen einfacher wären.

## Steuerung des Programmablaufes: Auswahl

- Mehrfache Auswahl: `switch` ohne `default`

```
switch (Ausdruck) {  
  case c1: Anweisungen_1; break;  
  case c2: Anweisungen_2; break;  
  
  ...  
  
  case cn: Anweisungen_n; break;  
  default: ; // leere Anweisung  
}
```

leere  
Anweisung

Kommentar

## Exkurs: Kommentare

Ein Kommentar im Programmtext

- dient der Kommentierung / Erklärung / Beschreibung des Programmcodes
- wird vom Compiler ignoriert

### Nur in C++:

```
int a = 1; // Kommentar  
a = a + 3;
```

ignoriert wird ab // bis zum Ende der Zeile

### In C und C++:

```
int a = 1; /* Kommentar:  
blablabla blabla */  
a = a + 3;
```

ignoriert werden alle Zeichen  
zwischen /\* und \*/, auch über mehrere  
Zeilen

## Steuerung des Programmablaufes: Auswahl

- Mehrfache Auswahl: `switch` mit „fehlenden“ `break`s

```
switch (Ausdruck) {  
  case c1:  
  case c2: Anweisungen_2; break;  
  case c3: Anweisungen_3;   
  case c4: Anweisungen_4; break;  
  case c5: Anweisungen_5; break;  
  default: Anweisungen;  
}
```

**break** führt zum Verlassen der **switch** – Anweisung!

Fehlt am Ende eines **case**-Zweiges ein **break**,  
dann werden Anweisungen der nachfolgenden **case**-Zweige ausgeführt  
bis ein **break** kommt.

## Steuerung des Programmablaufes: Auswahl

- Mehrfache Auswahl: `switch`

Beispiel: Abfrage, ob Programm weiterlaufen soll; Eingabe nur j, J, n oder N

```
char c;           // einzulesendes Zeichen
bool OK;         // true, falls Eingabe in {j,J,n,N}
bool weiter;    // true, falls weiter gemacht wird
do {
    cin >> c;
    switch (c) {
        case 'j':
        case 'J': OK = weiter = true; break;
        case 'n':
        case 'N': OK = true; weiter = false; break;
        default : OK = false;
    }
} while (!OK);
```