

# Einführung in die Programmierung

Wintersemester 2019/20

<https://ls11-www.cs.tu-dortmund.de/teaching/ep1920vorlesung>

Dr.-Ing. Horst Schirmeier  
(mit Material von Prof. Dr. Günter Rudolph)

Arbeitsgruppe Eingebettete Systemssoftware (LS 12)  
und Lehrstuhl für Algorithm Engineering (LS11)

Fakultät für Informatik  
TU Dortmund

## Kapitel 3: Kontrollstrukturen

### Inhalt

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

## Kontrollstrukturen

### Kapitel 3


## Kontrollstrukturen

### Kapitel 3

### Steuerung des Programmablaufes

- Bisher: Linearer Ablauf des Programms

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



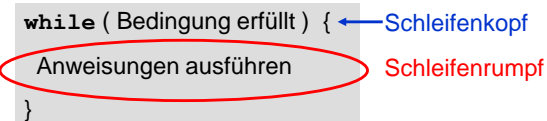
- Oder bedingt etwas zusätzlich:

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

### Steuerung des Programmablaufes: Wiederholungen

- Die `while`-Schleife

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



**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

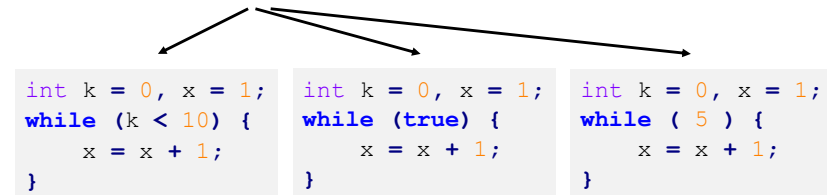
• Die `while`-Schleife

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 `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;
}

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

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

Bedingung `k < 10`  
wird niemals `false`Bedingung immer  
`true`, niemals `false`Bedingung interpretiert  
als Konstante `true`

## 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 do/while-Schleife als while-Schleife

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

⇓

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

## 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

## • 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-- < 8)
    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

<code>x = ++k;</code>	entspricht	<code>k = k + 1; x = k;</code>
<code>x = k++;</code>	entspricht	<code>x = k; k = k + 1;</code>
<code>x = --k;</code>	entspricht	<code>k = k - 1; x = k;</code>
<code>x = k--;</code>	entspricht	<code>x = k; k = k - 1;</code>

• Exkurs: Kurzschreibweisen für Inkrement / Dekrement

<code>while (--k) { Anweisung; }</code>	entspricht	<code>{ k = k - 1; while (k) { Anweisung; k = k - 1; } }</code>
<code>while (k--) { Anweisung; }</code>	entspricht	<code>{ while (k) { k = k - 1; Anweisung; } k = k - 1; }</code>

(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

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: 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:

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)

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: 0
6: 0
7: 0
8: 0
9: 0
E:\EINI>
```

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

## 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 **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 Schleifenrumpfen 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: `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: `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 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“ `breaks`

```
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);
```